



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:339.137.2

ЦИФРОВАЯ СРЕДА ПОДДЕРЖКИ АНАЛИТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Д-ра техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н., СТРОГАНОВ В.И.,**
канд. техн. наук **АЙДАРОВ Д.В., ГАФАРОВ Р.Р.**
Самарский ГТУ, Самарский Научный Центр РАН, МАДИ
(846.278-44-60)

Представлены результаты разработки научно-прикладной концепции цифровой интеллектуальной среды аналитического мониторинга и управления конкурентоспособностью на предприятиях автомобильной промышленности.

Ключевые слова: стратегический менеджмент, качество, автомобильная промышленность, мониторинг и управление качеством.

**Kozlovskiy V.N., Stroganov V.I., Aydarov D.V.,
Gafarov R.R.,
DIGITAL ENVIRONMENT FOR SUPPORTING ANALYTICS
AND COMPETITIVENESS MANAGEMENT
IN AUTOMOTIVE INDUSTRY**

The article presents the results of the development of a scientific and applied concept of a digital intelligent environment for analytical monitoring and competitiveness management in the automotive industry.

Keywords: strategic management, quality, automotive industry, monitoring and quality management.

Пожалуй, ни у кого сегодня уже не вызывает сомнений приоритетность процессов цифровизации в различных отраслях экономики РФ. Развитие научно-технического прогресса привело к резкому повышению производительности цифровых компьютерных систем, а вместе с тем и к росту уровня информатизации бизнес-процессов. В различных отраслях появились целые направления, связанные с разработкой и реализацией систем машинного обучения, нелинейной логики, интеллектуальных комплексов управления. Именно цифровизацию следует считать ключевым аспектом в повышении конкурентоспособности,

качества и производительности труда, особенно в организациях, занимающихся разработкой и производством наукоёмкой высокотехнологичной продукции.

Да, по большей части, мы уже привыкли к реализации циклов параллельного виртуального проектирования с целью сокращения сроков разработки новых конструкций и обеспечения цифрового уровня качества моделей проектов. Привыкли мы и к комплексным маркетинговым исследованиям, с интеграцией в них обратных связей с потребителями, интернет-систем мониторинга потребительской среды, измерения данных экспертной среды, необходимых для обеспечения соответствующей полноты, достоверности, а следовательно, и качества информации, используемой при принятии стратегических маркетинговых решений. В производственных подразделениях нашли широкое применение внутренние информационные системы (ИС), отражающие качество протекающих процессов, а вне предприятий действуют соответствующие корпоративные ИС, связывающие в единую информационную паутину поставщиков продукции и услуг с головным центром — корпорацией. Однако существует значительная проблема, мешающая повысить эффективность каждого из указанных выше элементов, а главное повысить эффективность и качество управления в комплексе, начиная с верхнего уровня и заканчивая уровнями исполнения, с реализацией соответствующего транслирования и обеспечения управленческих решений.

Мы достигли некоторого предела эффективности в разработке и реализации существующих ИС управления и мониторинга. Решения, которые сегодня закладываются при разработке таких систем на предприятиях, нередко уже на старте являются устаревшими, поскольку не в состоянии учесть возможности расширения и развития соответствующего направления деятельности. Практика показывает, что через некоторый достаточно короткий промежуток времени требуется переделка ИС под решение новых задач, а это уже сложно, поскольку ресурс для расширения возможностей систем на старте в достаточной мере не был

предусмотрен. Другая проблема связана с тем, что все основные ИС управления на предприятиях не интегрированы в единую среду. На практике специалистам корпоративной службы управления качеством приходится использовать ресурсы до десятка не связанных между собой ИС для решения локальных аналитических задач по идентификации проблем качества.

И вот пример. Допустим, в гарантийной эксплуатации автомобилей зафиксирован массовый дефект. Поиск и идентификация дефектов реализуется в рамках первой из рассматриваемой цепочки систем — системе мониторинга качества автомобилей в эксплуатации (ИС 1). Далее инженер-аналитик использует информационную систему ранжирования дефектов для определения степени значимости возникшей проблемы (ИС 2). После этого необходимо проверить, охвачена или нет данная проблема мероприятиями в области улучшения качества, реализуемыми в настоящее время на предприятии (ИС 3). Затем провести внутренний мониторинг процессов производства на предмет поиска причин дефектов (ИС 4). Если эта проблема не связана с внутренним производством, то необходимо провести анализ качества логистических процессов, связанных с доставкой комплектующих изделий от поставщика (ИС 5) и проверить результаты приёмки партии изделий на этапе входного контроля (ИС 6). Если требуется углублённый анализ процессов поставщика, то его ИС подключаются к корпоративной сети головного предприятия, и соответственно на автоматизированные рабочие места аналитиков (ИС 7). Практически всегда, для решения аналитических задач, инженеру службы качества требуются данные процесса проектирования, включающие протоколы приёмки конструкторской документации, чертежи, технические условия и др. Всё это в электронном виде содержится в соответствующих корпоративных информационных системах службы по проектированию продукции (ИС 8). Практически на каждом крупном предприятии существует внутренняя ИС действующей нормативно-технической документации, которая аккумулирует в себе электронные копии стандартов, технологий, инструкций, кодификаторов и т.д. (ИС 9). Заметьте, нашим описанием не затронуты математические и статистические пакеты прикладных программ, текстовые редакторы, а также редакторы презентаций, которые чрезвычайно важны и активно используются для моделирования, расчётов и оформлений справок и отчётов по дефектам автомобилей в эксплуатации. И при этом мы даже не коснулись процессов межэкспертной коммуникации, которые реализуются по-старинке, в основном через телефонные линии связи, а также через электронную почту. Можно только догадываться, какие объёмы почтовых электронных сообщений необходимо "перелопачивать" экспертам-аналитикам в области качества. А сколько времени требуется, чтобы дозвониться до нужного специалиста? Чего уж тут говорить о трудностях комплексных, взаимосвязанных, межпроцессных проблем, которые разрешаются только в рамках межфункционального проектного подхода. И теперь можно очень долго рассуждать об оперативности, эффективности аналитической

деятельности и процессов, связанных с решением проблем в области качества. Можно даже прикинуть, соответствует или нет такая работа фундаментальным требованиям стандартов ИСО 9001 или ИСО 16949 с учётом существующих возможностей и достигнутого уровня научно-технического прогресса. А ведь мы-то рассмотрели пример работы конкретного, очень хорошего по российским меркам предприятия.

На основании изложенного обозначим **первый аспект**. Очень много, особенно в последнее время, на разных уровнях говорится об инновационных продуктах, о новых стандартах управления. Но при этом, на наш взгляд, забывается не менее важное, а именно — несоответствующий уровень текущих возможностей и вооружённости передовыми инструментами аналитики и управления конкурентоспособностью и качеством имеющихся в арсенале корпоративных служб предприятий. Почему-то, к сожалению, считается нормой закупать и модернизировать производственно-технологическое оборудование, а развивать инструментальные технологии управления качеством, задача второго, а может быть и более дальнего плана. И есть такое ошибочное мнение, что эта задача может быть успешно решена без особых вложений в высокие технологии, а лишь с помощью обучения персонала новым стандартам, эффективным инструментам анализа, управления и т.д.

Можно купить замечательное оборудование с элементами цифрового управления, а управлять статистически всем процессом производства и в том числе качеством продукции, выходящей с этого оборудования, будем с помощью сохи? Абсурдная получается аналогия — "Телега тянет лошадь", а не наоборот...

Второй аспект. На некоторых крупных промышленных предприятиях России в настоящее время всерьёз разрабатываются программы перехода на системы так называемого цифрового производства, охватывающие все основные направления деятельности. При этом процессы, связанные с управлением конкурентоспособностью и качеством, не то чтобы в стороне, но и точно не в авангарде. И в этом как раз заключается стратегический просчёт, который быстро аукнется. Руководителям всего лишь следует задать себе простой вопрос: для чего вообще нужна цифровизация производства? И получить простой ответ: она необходима для обеспечения коренной перестройки организации под решение задач повышения эффективности, производительности, качества и конкурентоспособности продукции и услуг. С помощью цифровых технологий мы преодолеваем достигнутый предел эффективности процессов, раскрываем их новые горизонты развития. А в итоге это обеспечивает достижение ключевых тактических и стратегических целей компании в области конкурентоспособности через индексы: удовлетворённости; потребительской ценности, надёжности продукции и услуг. Именно на это "заточена" Система Менеджмента Качества (СМК). Вот Вам и ответ.

Третий аспект. Очевидно, что в условиях цифровой экономики управление конкурентоспособностью и качеством в гораздо большей степени, чем другие направления деятельности организации, нуждается в ин-

вестициях в человеческий капитал и в высокие технологии. Процессы управления в общем и управления качеством в частности требуют опережающего развития по отношению к другим процессам организации, в том числе с точки зрения развития цифровых, интеллектуальных систем мониторинга, поддержки управленческих решений с применением самых передовых разработок в этой области. По сути, в современном мире именно скорость, эффективность и качество принятия и реализации управленческих решений, основанные на высоком уровне анализа разнородной информации об объекте управления, базирующемся на постоянной актуализации и использовании последних достижений науки и техники, определяют долгосрочную конкурентоспособность компании. Вот теперь всё встаёт на свои места — "Лошадь тянет телегу"!

Адекватным решением поставленной выше проблемы, на наш взгляд, является разработка и реализация экспертно-аналитической интеллектуальной среды поддержки улучшений в области конкурентоспособности и качества продукции и услуг (ЭАИС). На наш взгляд, создание ЭАИС, обеспечивает наилучший, сбалансированный и гармоничный результат. Перспективная среда втянет в свою орбиту всё, что необходимо для создания эффективной производственной системы, а всё что не потребуется — будет отсекается либо сразу в процессе разработки и апробации, либо в последствии, при практической реализации. Почему так? Да потому, и уважаемые коллеги эксперты с этим согласятся, что разработка и реализация СМК, а разработка цифровой модели СМК без сомнения является фундаментом перспективной среды, это всегда прагматичная работа, осуществляемая, в том числе, через инвентаризацию существующих процессов, оценку их эффективности с последующей оптимизацией. Естественно, что при этом уходят все дублирующие и мешающие росту эффективности направления деятельности. И конечно, всё это делается через проецирование стратегических целей компании в области конкурентоспособности и качества на существующий ландшафт СМК. Вот и решение проблемы, связанной с созданием цифрового производства. Получается, что разработка соответствующей модели СМК в рамках ЭАИС — более успешная и перспективная идея.

Разработка и реализация ЭАИС тесно связана с развитием технологий "Big data", поскольку решение задач в рамках разрабатываемой среды непосредственно связано с обработкой значительных объёмов электронных данных, а кроме того, основной упор в работе среды делается на решение стыковых, межпроцессных задач. Именно этот аспект предопределяет ключевую роль применения таких технологий в формировании цифровых процессов в частности и перспективной среды в целом.

Однако сначала требуется решить комплекс научно-прикладных задач, который направлен на формирование и управление крупными электронными базами данных, отражающих ключевые аспекты качества, надёжности продукции и услуг, эффективности деятельности, в рамках корпоративных ИС с учётом СМК по всем основным процессам.

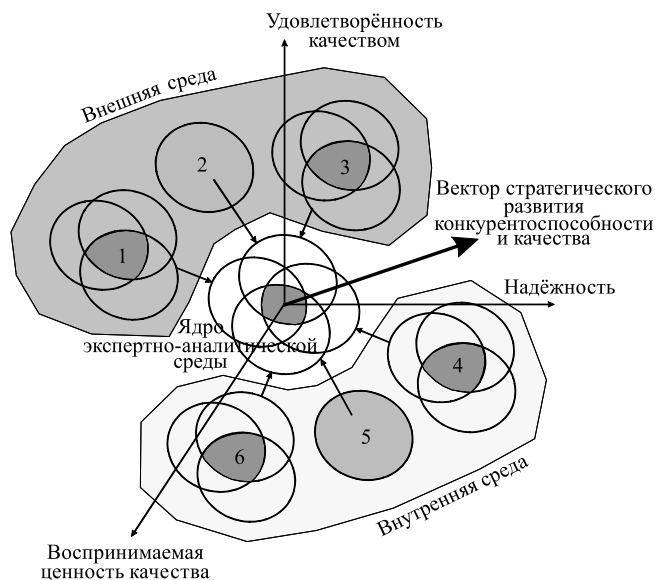


Рис. 1. Графическая модель концепции ЭАИС:

1 — информация внешних маркетинговых институтов (бенчмаркинг-исследования экспертной среды, качества, удовлетворённости); 2 — ИС и электронные базы, решающие локальные задачи (база знаний передовой науки и практики качества); 3 — информация внутренних ИС (данные экспертной среды, качество в эксплуатации, удовлетворённость потребителей); 4 — KPI системы менеджмента качества (маркетинга и проектирования, производства, сервиса); 5 — внутренняя база знаний успешных решений в области качества; 6 — производственное качество, финишная диагностика неисправностей и качество закупок

А какова концепция предлагаемого решения, и как составляющие её научно-технические решения можно встроить в существующую в компании систему управления? Графическая модель ЭАИС представлена на рис. 1. В основе концепции лежит интегрированная виртуальная среда, объединяющая электронные данные, формируемые в компании в результате внутренней деятельности (проектирование, производство), и данные, формируемые на основе измерений во внешней, в том числе конкурентной среде (маркетинг, эксплуатация). Причём, как видно из модели, часть корпоративных ИС проводят измерения во внешней среде самостоятельно. Это и качество продукции в эксплуатации, удовлетворённость потребителей и оценка качества продуктов и услуг с точки зрения внутренней экспертной среды. Однако такие измерения не претендуют на комплексность и касаются только собственных продуктов, так как имеют узкий профиль. Но ценность их велика, поскольку именно эти объёмы электронных данных при обобщении с информацией внешних маркетинговых институтов обеспечивают: оценку достоверности и качества всей совокупности данных измеряемых процессов, необходимый уровень детализации, вскрытие проблем и т.д. Для решения задач измерения ключевых показателей по рынку графическая модель ЭАИС содержит соответствующую структуру — "Информация внешних маркетинговых институтов". Здесь проводится интеграция электронных данных по результатам проведения всех возможных бенчмаркинг-исследований в области конкурентоспособности и качества. Нетрудно догадаться, для чего это делается. Используя получен-

ную модель, можно гармонично автоматизировать и увязать процессы обобщения, совместного анализа и вскрытия наиболее важной информации о конкурентоспособности и её основных факторах, находящейся так сказать на стыках исследуемых процессов. Практика показывает, что исследования в области взаимодействия процессов (в стыках) обеспечивают наибольшие объёмы критически важной информации о качестве, эффективности и т.д.

Уже из первичного анализа видно, что предлагаемая среда — глобальная, охватывающая информационными потоками данных все основные направления деятельности предприятия. Понятно, что приемлемым решением в данном случае является интеграция в единую виртуальную среду практически всех ИС компании. Возможно ли это на практике? Однозначно — возможно, и решение этой проблемы, пусть и непростое, лежит в области объединения, идентификации, обработки информационных потоков данных разных систем через так называемые ключи, представляющие собой некий общий для всех ИС набор символов, которым, как правило, на предприятиях через стандартизированные кодификаторы присваивается уникальный код изделия. А теперь можно подвести некоторый промежуточный итог и вернуться к приведённому в начале работы примеру — идентификации проблемы качества продукции. Давайте пофантазируем, как вырастет эффективность аналитической деятельности при реализации предлагаемого решения.

Получаем принципиально новый алгоритм работы аналитической службы качества, который отличается от рассмотренного выше реализацией функции совместной автоматизированной обработки через упомянутые выше ключи больших электронных объёмов разнородных данных о процессах проектирования, производства, эксплуатации продукции, которые показаны на графической модели (рис. 1) в виде окружностей. Логическим развитием нового алгоритма являются инструменты интеллектуализации, связанные с автоматизацией процессов поиска коренных причин проблем, прогнозирования эффективности предлагаемых решений, а далее и машинного обучения, позволяющего автоматизировать информационные процессы, связанные с недопущением подобных прецедентов на практике в будущем и проведением предупреждающих и корректирующих действий в настоящем. В графической модели процессы, связанные с поиском и идентификацией общих для разных ИС критически важных объёмов данных о возможных причинах проблем или прогнозах развития ситуации и т.д., это тёмные зоны на пересечении соответствующих областей. Причём следует понимать, что система должна быть настолько развитой, чтобы была возможность формировать такие зоны критически важной информации через интеграцию и обобщение данных ИС внутренней, внешней среды во всех возможных вариациях и сочетаниях. На процессе подготовки отчётов можно даже не останавливаться априори, это должно быть формализовано и автоматизировано изначально, с использованием гибких технологий построения диаграмм, таблиц и пр.

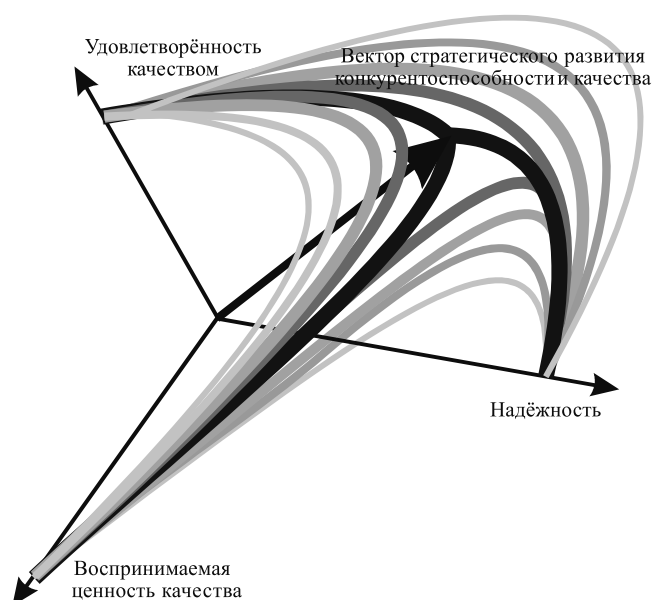


Рис. 2. Поверхность, отражающая влияние ключевых факторов потребительской среды на стратегическое развитие конкурентоспособности и качества

Графическая модель среды схематично представлена в системе координат, образующих ключевые показатели (KPI), с точки зрения сегодняшнего понимания конкурентоспособности, а именно: удовлетворённость потребителей; надёжность; воспринимаемая ценность качества продукции и услуг. Естественно, что выстраивание цифровой модели СМК должно быть реализовано при определяющей роли именно этих показателей, что отражено на рис. 2 в виде поверхности, которая очень символична и напоминает парус, ведущий предприятие к новым горизонтам конкурентоспособности. А вот с точки зрения методов математического анализа, всё гораздо прозаичнее: построенная поверхность показывает, что наилучшие достижения в области KPI обеспечивают эффективное развитие вектора конкурентоспособности.

Теперь отойдём немного в сторону, для того чтобы понять ход дальнейших рассуждений. В научной дисциплине "Теория электрических цепей" есть две основные функции — это функции анализа и синтеза. Анализ — расчёт электрических величин для заданной цепи. Синтез — создание электрической цепи с заданными свойствами. Возвращаясь к проблеме цифровизации СМК, считаем необходимым разработку соответствующих функций на этапе проектирования модели. В первом случае требуется решить комплексную задачу, связанную с обеспечением возможности проведения оперативного анализа (мониторинга) и управления по всему ландшафту СМК, через цифру показателей функционирования, результативности, эффективности, которые, как мы понимаем, должны формироваться без непосредственного участия человека, а путём объективного расчёта показателей внутри моделей процессов, с помощью тех же ключей и зелёных зон, в единой интегрированной информационной среде. В итоге получаем важный инструмент и продукт мониторинга, а вместе с ним и колоссальный

управленческий ресурс и соответствующий эффект. Вторая комплексная задача, которую требуется решить, не менее сложная и важная. Заключается она в обеспечении возможности автоматизированного синтеза новой цифровой модели СМК по заданным свойствам (актуализированным внешним характеристикам). А вот это уже практически маленькая революция, поскольку создание такого инструмента в будущем создаст предпосылки для автоматизации и интеллектуализации процессов разработки, реинжиниринга, оптимизации СМК в цифре по результатам актуализации внешних ключевых параметров конкурентоспособности. Причём, что важно, всё это можно будет проводить в рамках действующей производственной системы, т.е. в реальном масштабе времени. А затем подгонять под рамки оптимизированной цифровой модели СМК реальные процессы и нормативную документацию, без которой пока не обойтись.

Ещё одна группа задач, которые необходимо решить, прежде чем перейти к комплексу "Ядро экспертно-аналитической среды", — это задачи по разработке, накоплению, систематизации и кодификации электронных баз знаний: внутренней, аккумулирующей информацию о внутреннем опыте компании в решении различных задач в области конкурентоспособности и качества продукции и услуг; и внешней, формирующей базу знаний передовой науки и практики в области конкурентоспособности и качества. Обе базы, на наш взгляд, должны быть достаточно жёстко структурированы по профилям накапливаемой информации и иметь интуитивно понятный интерфейс. По сути они нечто вроде научно-технической библиотеки и технического архива, сведённых воедино. Естественным отличием от того, к чему мы привыкли, являются электронные принципы хранения и распределения информации, а также некоторые принципы комплектования. О чём скажем вкратце и немного утрированно.

Одним из обязательных условий окончания работы над любыми проектами в области качества на предприятиях должны стать формализованные цифровые копии отчётов, подготовленных для соответствующей внутренней базы знаний. Также "Внутренняя база знаний успешных решений в области качества" должна предполагать обязательную стандартизацию и цифровизацию удачных управленческих решений (например, через форму предупреждающих и корректирующих мероприятий), выраженных в разработанных, внедрённых и актуализируемых стандартах организации.

Ещё один аспект: у нас по-прежнему, несмотря на санкции, руководители очень любят ездить в загранкомандировки для "приобретения передового опыта". Они возвращаются и в лучшем случае на каком-нибудь из совещаний "презентуют" результаты поездки. Потом всё это, как правило, стремительно забывается, остаются только фотографии на фоне памятников архитектуры. Нормальный же подход в данном случае очевиден — жёсткая форма цифрового отчёта с необходимым уровнем детализации и уточнений для формирования внешней базы знаний.

Конечно, два показанных примера не исчерпывают весь арсенал формирования баз. Необходимо исполь-

зовать инструменты бенчмаркинга, научно-технических отчётов, презентации и доклады экспертов, демонстрируемых на профильных конференциях, отчёты по результатам обучения новым практикам, продукты промышленного шпионажа и др. Вроде бы всё просто. Но самое сложное здесь — формирование культуры систематического обновления, накопления и использования этой ценнейшей информации в повседневной работе. Для этого предлагаем следующие три правила. 1) Обеспечение максимальной доступности баз в соответствующей экспертной среде. 2) В начале планирования и реализации любого проекта в области конкурентоспособности и качества требуется проведение обязательного анализа баз знаний на предмет вскрытия примеров передовой науки и практики достижений, в том числе внутри компании, с целью возможной формализации и упрощения решений. 3) Выполнение указанного выше условия, связанного с формализацией окончания работы над проектами в области качества.

Наконец, мы подошли, так сказать, к вершине, определяемой нами как ядро ЭАИС. Для её формирования требуется найти решения сложных задач, заключающихся в обобщении и обработке на более высоком уровне данных, отражающих уже выделенные на первичном этапе критически важные объёмы информации (тёмные зоны на рис. 1) разнородных источников, и получения на этой основе так называемого "сухого остатка" — необходимого и достаточного объёма информации высокого качества и достоверности, представляемой в количественно-качественной форме и обеспечивающей принятие стратегических решений в области конкурентоспособности и качества продукции и услуг. Реализация такой обработки данных должна проводиться с использованием: алгоритмов интеллектуальной поддержки; накопленного во внутренних и внешних базах знаний и опыта; данных цифровой модели СМК; с учётом прогнозов развития ситуации и т.д. Иными словами, разработка решений проводится исходя из реализации функций сопоставления и сочетания наиболее важных факторов влияния (областей), реализованных в графической модели с использованием высокотехнологичных алгоритмов интеллектуального анализа данных.

Теперь мы снова возвращаемся к нашему первому примеру и спроецируем на него алгоритмы работы предложенной ЭАИС.

Итак, среда фиксирует проблему качества, выдаёт сигнал и самостоятельно проводит процессы определения её значимости уже не только с точки зрения дефектности и надёжности, но и с учётом реакции потребителя, его удовлетворённости и возможного изменения потребительской ценности. Иными словами, просчитываются глобальные риски, связанные с этой проблемой. Одновременно среда проводит автоматизированный поиск возможных причин возникновения проблемы и идентифицирует их, предоставляя тем самым возможность эксперту-аналитику уточнить причину или группу причин. Кстати, этот процесс через реализацию машинного обучения можно заложить в виде функции интеллектуального поиска причин подобных проблем. И в следующий раз при возникно-

вении схожей ситуации среда достаточно точно самостоятельно определит её причину. Это тоже уже не фантастика. Далее среда поставит информационные блоки на тех производственных участках, конструкторских подразделениях или службах закупок, где проблема возникла, с целью скорейшей разработки и реализации корректирующих и предупреждающих действий с учётом действующих нормативно-технических документов. Если проблема сложная, комплексная, то включаются функции экспертной межфункциональной деятельности. При этом полный объём электронных данных, отражающих процессы поиска, идентификации, решения проблемы, проходит через алгоритмы совместного анализа с образованием единого протокола поддержки управленческого решения, в котором указываются текущие и перспективные риски, причины, предложения по "быстрым" действиям для локализации и плановым действиям, гарантирующим системное решение. Мы это назвали "сухим остатком". Тот же объём электронных данных используется для моделирования индикаторов основных показате-

лей процессов цифровой СМК с целью определения их влияния на ключевые *KPI*. И здесь появляется поле деятельности для проведения соответствующих оптимизаций. Работа среды, естественно, не исчерпывается решением проблем в области качества. Как было показано выше, она выстраивается на основе цифрового проецирования ключевых факторов конкурентоспособности на систему управления ландшафтом СМК, а следовательно, может работать по алгоритмам оценки: эффективности конструкторских решений при создании новых видов продукции; изменения структуры управления предприятием; оптимизации основных процессов при изменении внешних индексов конкурентоспособности и др.

В заключение следует отметить, что уже сейчас просматриваются новые направления развития в рамках предложенной концепции ЭАИС, связанные с обеспечением поддержки управленческих решений в области конкурентоспособности и качества предприятий поставщиков комплектующих изделий и услуг.



АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК РОССИИ В ЯНВАРЕ—ДЕКАБРЕ 2019 г.

(По информации ОАО "Автосельхозмаш-холдинг")

ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ

Продажи легковых автомобилей в январе—декабре 2019 года упали на 0,8 % по отношению к аналогичному периоду прошлого года и составили 1822,2 тыс. единиц. Сравнение структуры рынка легковых автомобилей по их происхождению в январе—декабре 2019 и 2018 гг.

выявляет рост объемов продаж в сегментах импорта новых и подержанных автомобилей и снижение продаж в остальных сегментах. В отношении занимаемых долей рынка можно отметить их снижение в сегментах автомобилей отечественных брендов и зарубежных моделей российской сборки при росте в остальных сегментах рынка.

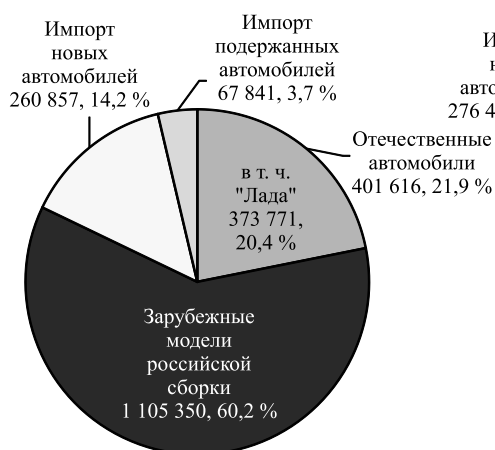
Продажи автомобилей отечественных брендов в январе—декабре 2019 года упали на 2,8 % (до 390,5 тыс. ед.) и их рыночная доля составила 21,4 %. Продажи автомобилей "Лада" в январе—декабре 2019 года упали на 3,9 % (до 359,0 тыс. ед.), а их доля составила 19,7 % (-0,7 %). Продажи зарубежных моделей российской сборки занимают на рынке доминирующее положение, их продажи упали на 3,3 % (до 1069,8 тыс. ед.), а их доля также немного снизилась — до 58,7 %. Совокупная доля продаж автомобилей, собранных в России (отечественных и зарубежных моделей) снизилась с 82,1 до 80,1 % в январе—декабре 2019 года.

Импорт новых легковых автомобилей вырос на 6,0 % (до 276,4 тыс. ед.), а их доля на рынке составила 15,2 % (с учётом импорта автомобилей по ГТД и ТПО). Ввоз подержанных машин в январе—декабре вырос на 25,9 % и составил 85,4 тыс. ед.

По данным Ассоциации Европейского Бизнеса, совокупный объём дилерских продаж новых легковых и лёгких коммерческих автомобилей в России в январе—декабре 2019 г. составил 1 759 532 ед., что на 2,3 % меньше, чем в январе—декабре 2018 г. (1 800 591 ед.). Импорт легковых автомобилей по ТПО (включён в расчёт рынка) в январе—декабре 2019 г. составил 80 438 ед. против 55 745 ед. годом ранее; из них на подержанные автомобили пришлось 73 861 ед. и 50 270 ед. соответственно.

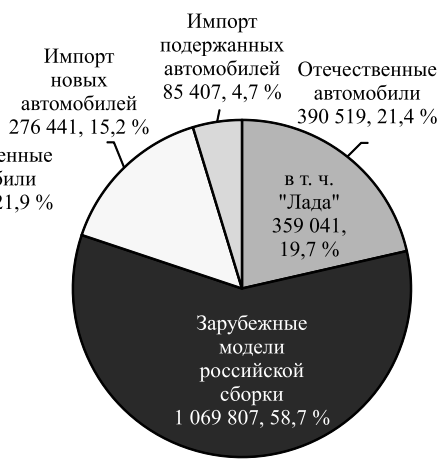
СТРУКТУРА РЫНКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ

Январь—декабрь 2018 г.



Весь рынок — 1 836 664 ед.

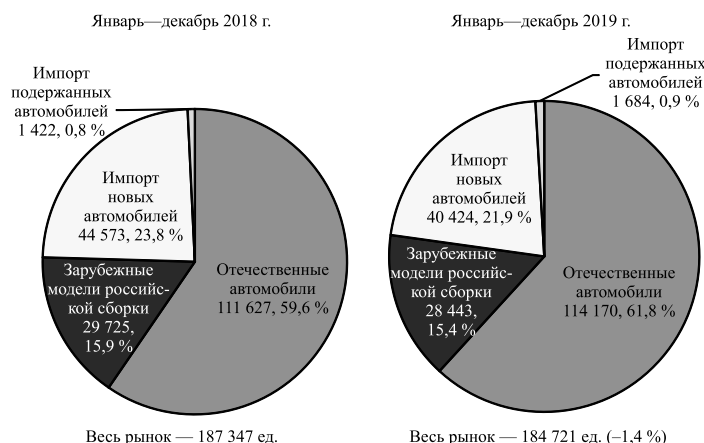
Январь—декабрь 2019 г.



Весь рынок — 1 822 174 ед. (-0,8 %)

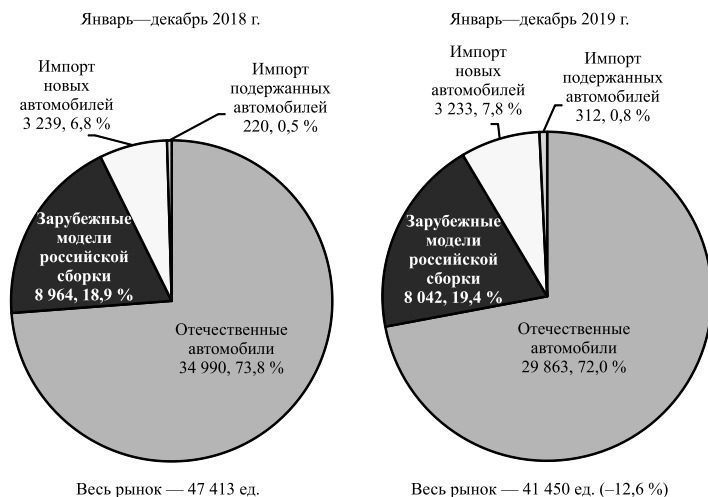
ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ (ВКЛЮЧАЯ МАЛОТОННАЖНЫЕ)

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



АВТОБУСЫ И МИКРОАВТОБУСЫ

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА АВТОБУСОВ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



На автомобильном заводе ПАО "КамАЗ" состоялась стратегическая сессия, на которой разработан план реализации мероприятий для достижения целей 2020 года. Определены приоритеты: улучшение качества, повышение производительности труда и снижение затрат. В ходе сессии работа велась в четырёх группах в формате мозгового штурма, который продолжался в течение всего рабочего дня и закончился защитой разработанных мероприятий для достижения целей по каждому направлению бережливого производства.

Так, чтобы снизить коэффициент частоты несчастных случаев на производстве на 2 %, необходимо будет выявить и устранить травмоопасные ситуации; не допускать аварий на производственных объектах должен полностью обученный и аттестованный персонал. Для повышения качества в каждом подразделении необходимо возобновить работу в формате QRQC по рекламационным дефектам; также скажутся на результате воскресные ремонты с подтверждением высокого уровня выполненных работ. Своевременному исполнению заказа будет содействовать внедрение

многоспиральных гайковёртов в цехах мостов и передних осей; снижению простоев — подача балансирной подвески с пневморессорой на главный сборочный конвейер по линии подвесного толкающего конвейера.

Серьёзные задачи стоят перед коллективом и по снижению затрат. На автосборочном и агрегатном производствах необходимо повысить производительность труда основных рабочих на 8,6 %. Другой мерой для снижения внутренних потерь станет проведение внезапных проверок соблюдения правил внутреннего трудового распорядка. Способствовать повышению корпоративной культуры будет обучение вновь назначенных ответственных по Производственной системе "КамАЗ", создание 100 эталонных офисов и 174 эталонных участков. В 2020 году планируется организовать пять эталонных цехов на основном производстве автомобильного завода и улучшить эргономику 250 рабочих мест.

На автомобильном заводе "Урал" приказом генерального директора П. Яковле-

ва введён в действие основополагающий документ предприятия в области качества на 2020 год — "Цели в области качества", устанавливающий улучшение ключевых показателей по принципам системы менеджмента качества: "ориентация на потребителя", "лидерство", "процессный подход", "улучшение", "менеджмент взаимоотношений", "взаимодействие работников".

Ключевым основополагающим принципом менеджмента качества автозавода "Урал" остаётся ориентация на потребителя, а целями в этом направлении — укрепление имиджа автозавода на рынках сбыта автотехники, развитие модельного ряда, улучшение технического сервиса в регионах России, обеспечение выполнения работ по техобслуживанию и ремонту техники государственных заказчиков. Показатели оценки достижения этих целей следующие: увеличение доли полноприводных автомобилей "Урал" на российском рынке, создание новой линейки дорожных автомобилей в беспкапотном исполнении экологического класса "Евро 5", улучшение качества процессов.

Одна из важных целей в области качества — обеспечение эффективности бизнеса. Основные показатели и критерии в этом направлении — уровень рентабельности по прибыли, показатели удельных затрат, эффективная реализация программы снижения расходов. В 2020 году предстоит снизить на 10 % потери от внутреннего брака, снизить коэффициент дефектности по результатам аудита готового автомобиля (CSA), повысить уровень соответствия процессов жизненного цикла продукции, уменьшить уровень рекламаций к гарантийному парку.

Совершенствование процесс-ориентированной системы менеджмента для эффективного управления деятельностью и ресурсами — таковы цели в области качества, отражающие принципы процессного подхода, постоянных улучшений. Показателями и критериями для достижения этой цели являются повышение результативности процессов Системы менеджмента качества, операционной системы качества АЗ "Урал" (QOS), операционной системы качества (ОСК) по процессам планирования и разработки продуктов, повышение эффективной деятельности в области экологии, снижение травматизма. Важным показателем станет соответствие СМК АЗ "Урал" требованиям стандартов, на соответствие которых сертифицировано предприятие (международный стандарт ISO 9001:2015, национальный ГОСТ Р ИСО 9001—2015 и др.).

Взаимодействие работников для достижения эффективной работы бизнеса — один из ключевых принципов менеджмента качества. В этой области цели таковы: вовлечение работников в оптимальное использование ресурсов, развитие компетентности работников предприятия, повышение удовлетворённости персонала. Показатели и критерии для достижения поставленных целей — дальнейшее развитие и распространение Производственной системы по всем производственным участкам, достижение уровня удовлетворённости персонала не ниже 81 %, наличие надёжного кадрового резерва на ключевые должности.



УДК 338.45.01

ОСНОВЫ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЁХЗВЕННЫМ АВТОПОЕЗДОМ

Д-ра техн. наук БЕЛОУСОВ Б.Н., КЕЛЛЕР А.В., БАХМУТОВ С.В.,
ХАРИТОНЧИК С.В., канд. техн. наук БЕРДНИКОВ А.А.

НАМИ, БНТУ, ВА РВСН имени Петра Великого (belousovbn@yandex.ru)

Изложены взгляды авторов на современные принципы построения системы автоматического управления активным трансконтинентальным многозвенным автопоездом. Рассмотрены практические примеры построения системы автоматического управления электромеханической трансмиссией автопоездов и выбора основных компонентов объекта управления.

Ключевые слова: система автоматического управления трансмиссией, активный многозвенный автопоезд, транспортное средство, система приводов.

Belousov B.N., Keller A.V., Bakhmutov S.V., Kharitonchik S.V., Berdnikov A.A.
**BASES OF CONSTRUCTION PRINCIPLES MANAGEMENT SYSTEMS
FOR THREE-LINKED TRAIN TRAIN**

The article presents the views of the authors on the modern principles of building an automatic control system for an active transcontinental multi-link road train.

The article discusses practical examples of building an automatic control system for an electromechanical transmission for road trains and selecting the main components of the control object.

Keywords: automatic transmission control system, active multi-link road train, vehicle, drive system.

Идея использования многозвенных автопоездов в системе междугородных и международных перевозок не нова. Однако на современном этапе развития технологий автомобилестроения требует переосмысления и использования новых достижений науки и техники. Главной проблемой создания многозвенных автопоездов (рис. 1) считается создание системы автоматического (автоматизированного) управления его движением (САУД), которая бы органично обеспечивала управление тягово-динамическими свойствами, криволинейным движением и системами активной безопасности.

Автоматизация процессов управления и контроля в современном мировом автомобилестроении стала общей тенденцией, о чём свидетельствует большое количество регистрируемых изобретений, ведущихся НИОКР в этой области, а также появление опытных и серийных автомобилей различных типов, оснащённых электронными системами автоматического управления движением. Объективными причинами этого всё расширяющегося процесса являются постоянное повышение требований к показателям эксплуатационных свойств и технической готовности машин, увеличение ин-

тенсивности использования и продолжающееся усложнение конструкции самих автомобилей, в то время как возможности человека (водителя) ограничены и не позволяют обеспечить требуемого качества управления.

Общая структурная схема управляющих связей системы однозвенного транспортного средства, отражающая общий подход к организации САУД, хорошо известна [1]. Для многозвенного автопоезда накладываются связи между звеньями и, при необходимости, система управления звеном при автономном его использовании и т.д. Укрупнённый состав САУД автопоезда представлен на рис. 2, а общая схема концепции управления автопоездом в интеллектуальной транспортной системе — на рис. 3.

Для трансконтинентальных грузоперевозок в Республике Беларусь (ОИМ НАН РБ) был разработан проект многозвенного магистрального автопоезда, в состав которого входят три звена: тягач с полуприцепом и две тяговые тележки, также с полуприцепами (см. рис. 1). Общая масса автопоезда должна составлять 130 т [2]. Трансмиссия многозвенного активного автопоезда должна включать на первом этапе комбинированную гибридную схему с накопителем энергии, а на тяговых тележках электромеханическую трансмиссию с мотор-колёсами, также с накопителями энергии на борту.

Обоснование выбора параметров основных компонентов трансмиссии как одной из главных систем объекта управления — первое, что необ-

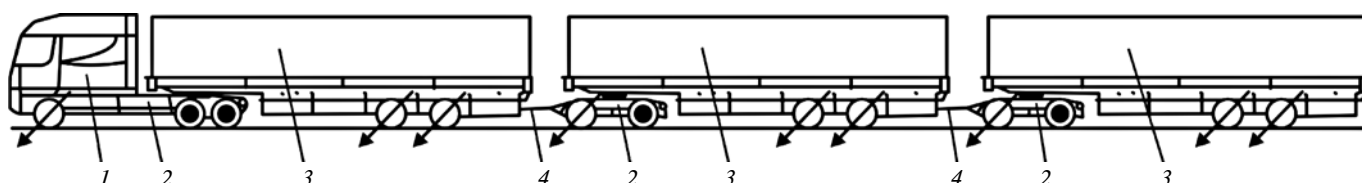


Рис. 1. Укрупнённая структура модульного активного многозвенного автопоезда:
1 — кабина; 2 — силовой модуль; 3 — грузовой модуль; 4 — сцепное устройство

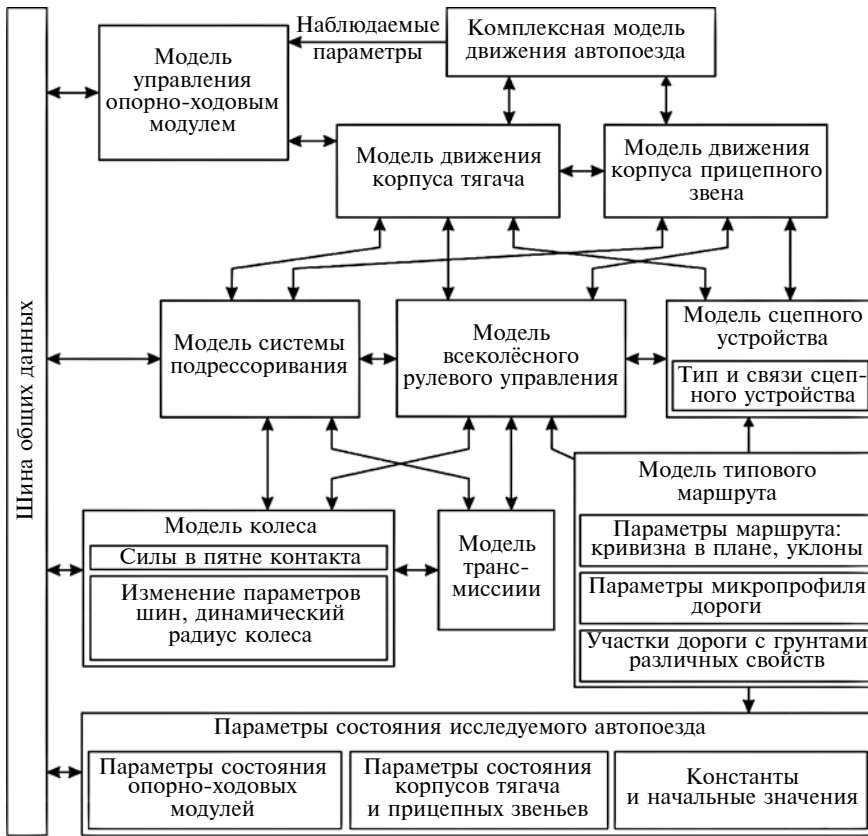


Рис. 2. Общая структурная схема управляющих связей системы многозвеного автопоезда

ходимо для разработки структуры и состава САУД, реализации её конкретных схем. Рассмотрим кратко

порядок выбора параметров электротрансмиссии для отдельного звена автопоезда.

Тяговый привод

Типовая область реализуемых в тяговом приводе моментов приведена на рис. 4. Величина максимального момента электропривода связана в первую очередь с ограничениями, налагаемыми силовой электроникой (электродвигатель позволяет кратковременно развивать большие значения момента); ограничение момента гиперболической зависимостью от частоты вращения определяется ограниченной мощностью бортового источника энергии (двигателя внутреннего сгорания ДВС-генератора, или, при использовании буферного накопителя, суммарной мощностью ДВС-генератора и накопителя). При движении, в зависимости от условий и команд водителя, может быть реализовано любое значение момента, ограниченное указанными линиями. При торможении или при движении задним ходом реализуются соответствующие значения моментов противоположного знака.

Рабочая область, наиболее часто используемая область, зависит от типа и применения транспортного средства и конкретного режима его работы. Именно в рабочей области тяговый электродвигатель должен

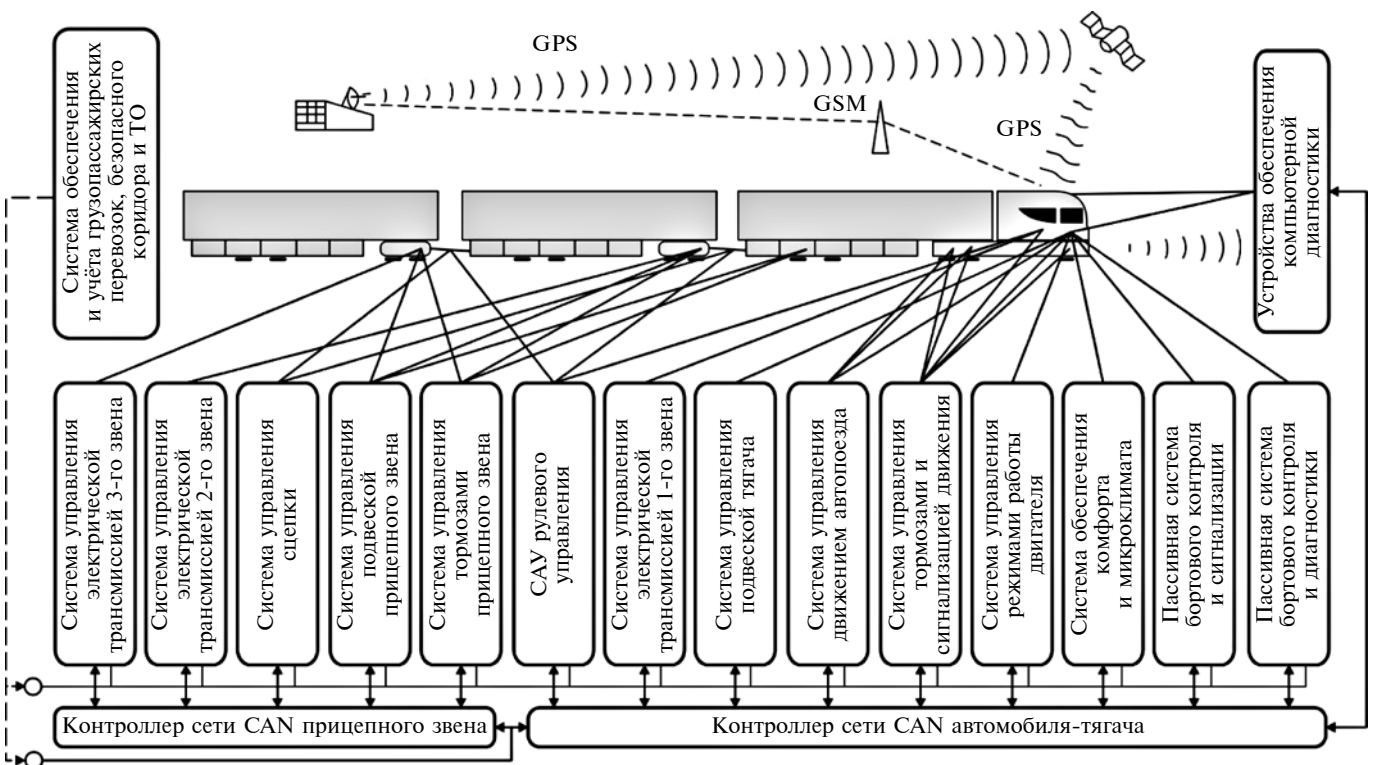


Рис. 3. Общая схема концепции управления автопоездом в интеллектуальной транспортной системе

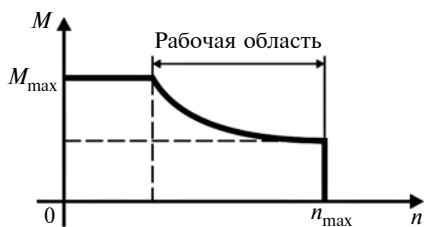


Рис. 4. Типовая область реализуемых в тяговом приводе моментов

иметь высокие показатели, прежде всего по КПД. Отдельно необходимо сказать о тормозящем моменте, который также реализуется в тяговых приводах (область реализуемых моментов симметрична относительно горизонтальной оси). В этом случае имеет место режим рекуперации, т. е. возврата кинетической энергии движения транспортного средства. Рекуперированная энергия может поступать в буферный накопитель: аккумулятор, суперконденсатор (если таковые имеются на борту), или сбрасываться в тормозной резистор. Возможен также "сброс" энергии торможения в ДВС через обратимый мотор-генератор (при этом топливо в ДВС не подаётся). Эти элементы не влияют на выбор параметров электромеханических устройств и здесь не рассматриваются.

В настоящее время отсутствует методика корректного сопоставления двигателей различных типов [3, 4]. Асинхронный электропривод характеризуется наилучшим соотношением цена/качество. Синхронный электропривод с постоянными магнитами имеет некоторое преимущество по КПД, но стоит он дороже. Серьёзный недостаток синхронных двигателей с высокоэффективными постоянными магнитами при их применении в тяговом электроприводе — невозможность работы с ослаблением магнитного поля. Типовая тяговая характеристика имеет ограничение мощности, характеризующееся снижением момента в 3...10 раз (для различных транспортных средств) при возрастании частоты вращения. В асинхронном приводе этот диапазон обеспечивается при ограничении напряжения питания двигателя, за счёт соответствующего ослабления магнитного поля. В синхронном приводе с постоянными магнитами по-

ле практически не регулируется, что приводит к необходимости завышения установленной мощности преобразователя в те же 3...10 раз. Для приводов лёгких транспортных средств в отдельных случаях это допустимо, но в случае средних и тяжёлых транспортных средств приводит к чрезмерному удорожанию системы.

Мотор-генераторы

Типовая область реализуемых в электрогенераторах, работающих совместно с ДВС, моментов характеризуется областью рабочих режимов ДВС (режимов, оптимальных по топливной эффективности и выбросам), которую можно аппроксимировать прямой (рис. 5). Соотношения n_{max}/n_{min} и M_{max}/M_{min} составляют обычно около 2; соответственно в области рабочих режимов мощность генератора варьируется примерно в 4 раза (при меньшей мощности либо отходят от области рабочих режимов за счёт снижения момента, вплоть до холостого хода, либо выключают ДВС-генератор). Значение n_{max} для дизелей составляет около 2000 мин⁻¹, для бензиновых — выше: до 3000—4000 мин⁻¹. Значение момента M_{max} определяется мощностью ДВС. Отметим, что для работающего совместно с электрогенератором ДВС, вообще говоря, нет необходимости обеспечивать постоянство момента в широком диапазоне изменения частоты вращения.

Выбор типа электродвигателя для мотор-генератора основывается на технико-экономических соображениях. В числе возможных вариантов: асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, синхронный с электромагнитным возбуждением и синхронно-реактивный двигатель.

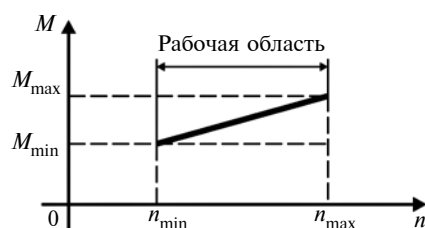


Рис. 5. Типовая область реализуемых в электрогенераторах моментов

Режимы работы электрических двигателей в тяговом приводе и в генераторах существенно различаются, что обуславливает различие в методиках их проектирования и электромагнитного расчёта. Максимальный момент тягового двигателя реализуется на относительно низких частотах вращения (низких частотах источника питания), а при высоких частотах вращения момент снижается. Следовательно, для снижения массы тягового двигателя рационально увеличить число пар полюсов, при этом возрастание потерь при повышении частоты вращения и частоты питания незначительно. Напротив, в электрогенераторе максимальный момент реализуется на максимальной частоте вращения, и для оптимизации параметров генератора следует снижать потери как в меди, так и в стали на высоких частотах, что требует использования двигателя с относительно небольшим числом пар полюсов.

Применение электропривода на мобильных машинах предъявляет жёсткие требования по основным показателям и определяет использование передовых достижений в области проектирования, материалов, технологий изготовления.

Силовой преобразователь

В тяговом электроприводе остро стоит вопрос снижения стоимости комплектного оборудования, при безусловном обеспечении требуемых тяговых характеристик.

Стоимость силового преобразователя (инвертора напряжения), которая составляет основную часть стоимости асинхронного тягового привода, определяется стоимостью силовых приборов, которая пропорциональна установленной мощности преобразователя, т.е. произведению максимального выходного тока преобразователя на максимальное выходное напряжение. Таким образом, снижение стоимости преобразователя определяется величиной снижения его установленной мощности.

Величина установленной мощности тягового электродвигателя, понимаемая как произведение максимального электромагнитного момента на максимальную частоту вращения, обычно значительно боль-

ше мощности бортового источника, ограничивающего область реализуемых моментов гиперболической зависимостью. Какому значению должна соответствовать установленная мощность силового преобразователя, установленной мощности тягового электродвигателя, или значению мощности, соответствующей гиперболической зависимости момента и ограничивающей мощность тяги? Ответим сразу, что ближе к истине второе утверждение, что позволяет существенно снизить стоимость силового преобразователя. Согласование обмоточных параметров электрической машины и параметров преобразователя составляет отдельный вопрос, не влияющий на выбор соотношений между механическими и электромеханическими устройствами.

Для снижения стоимости силового преобразователя целесообразен выбор преобразователя в интегральном исполнении, удовлетворяющего всем требованиям применения в транспортных средствах [5].

Принцип рационального выбора мощности преобразователя, с учётом анализа оптимальных статических режимов работы тягового асинхронного двигателя, почти очевиден. Большие значения развиваемого электромагнитного момента определяются предельным током в обмотках двигателя. Поэтому целесообразно реализовать максимальный момент в режиме минимального потребления тока. Это позволит минимизировать ток, потребляемый электродвигателем от силового преобразователя. При большой частоте вращения целесообразно реализовать работу асинхронного электродвигателя при максимальном использовании напряжения, т.е. при больших значениях скольжения, вплоть до критического. В результате установленная мощность силового преобразователя будет минимальной.

Следует учитывать, что режимы работы асинхронного электродвигателя при больших моментах и при больших частотах вращения различны: в первом случае потребление тока минимально, но требуемое напряжение мало, поскольку скольжение существенно меньше критического скольжения; во втором, напро-

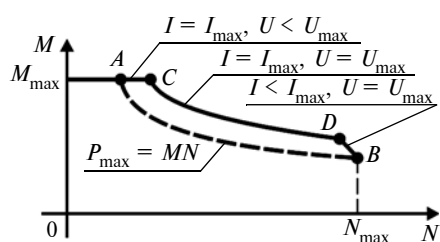


Рис. 6. Область реализуемых тяговых моментов двигателя с учётом ограничения тока и напряжения

тив, напряжение максимально, но требуемый ток не минимизирован. Область реализуемых тяговых моментов двигателя с учётом ограничения тока и напряжения показана на рис. 6.

Максимальный момент реализуется вплоть до частот вращения ротора, показанных на верхней части *AC* границы области моментов. Можно увеличить момент и при больших частотах вращения за счёт увеличения тока (правая часть *DB* границы области моментов). В области средних частот вращения (область *CD*) за счёт увеличения скольжения и соответственного увеличения тока можно реализовать большие значения моментов, чем определяемые гиперболой мощности. Таким образом, реально развиваемая мощность тяги совпадает (с точностью до мощности потерь в двигателе) с установленной мощностью преобразователя.

Для согласования асинхронного двигателя и силового преобразователя обмоточные данные выбраны таким образом, чтобы при максимальной амплитуде напряжения величина потерь при максимальной частоте вращения была максимальной допустимой (за счёт увеличения скольжения по сравнению с оптимальным по потерям или по потреблению тока, вплоть до критического скольжения). При этом необходима проверка величины потребляемого тока: если значение тока при данном скольжении на максимальной частоте вращения превышает значение тока при максимальном моменте и оптимальном по потреблению тока скольжении, необходимо изменить обмоточные данные и уменьшить значение скольжения. Если при максимальной частоте вращения и максимальной амплитуде напряжения требуемый момент реали-

зуется при критическом скольжении, то потребляемый двигателем ток при максимальном моменте будет минимально возможным ("высоковольтный" двигатель). Преобразователь, рассчитанный на это значение тока, будет иметь минимальную установленную мощность.

Для функционирования системы асинхронный электродвигатель—силовой преобразователь необходимо использование качественной системы управления, частотной или векторной [5, 6]. Такая система должна обеспечивать оптимальный по потерям режим работы двигателей во всех диапазонах частот вращения, электромагнитных моментов, скольжений, индукций и т.п. К точности регулирования момента или частоты вращения и к динамике протекания процессов в транспортном приводе жёстких требований обычно не предъявляется.

При использовании оптимизированных электрических двигателей их масса (масса активных материалов) при прочих равных условиях (одинаковые максимальная частота питания, зазор, индукция, геометрия полюсного деления) не зависит от частоты вращения, т.е. от коэффициента передачи применяемого редуктора. Повышение коэффициента редукции позволяет уменьшить габариты электродвигателя за счёт уменьшения объёма не содержащей активных материалов внутренней, сосредоточенной вдоль оси вращения части электрической машины.

Что может дать использование коробки передач?

Рассмотрим вначале случай простейшей двухступенчатой коробки. В тяговом приводе область реализуемых электромагнитных моментов характеризуется тремя величинами: максимальным моментом M_{max} , максимальной частотой вращения n_{max} и максимальной мощностью P_{max} , ограничивающей область реализуемых моментов гиперболической зависимостью (рис. 7).

Пусть коэффициенты редукции на высшей и низшей передаче отличаются в два раза. Можно ожидать, что это позволит использовать электродвигатель с вдвое меньшим электромагнитным моментом: на высшей передаче электромагнитный момент вдвое меньше максимального

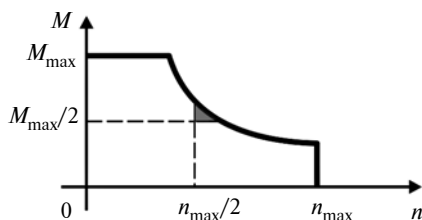


Рис. 7. Типовая область реализуемых в тяговом приводе моментов

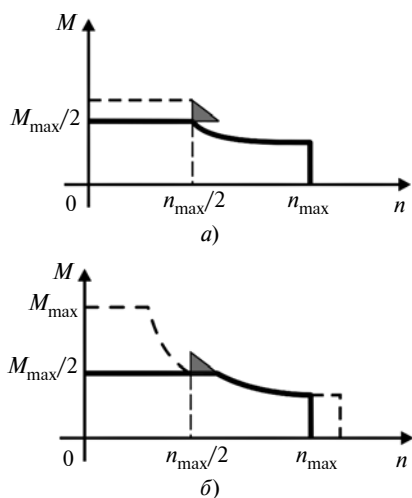


Рис. 8. Электромагнитный момент двигателя на высшей (а) и на низшей (б) передачах

го M_{\max} (рис. 8, а); на низшей передаче (рис. 8, б) удвоение коэффициента редукции позволяет реализовать требуемое значение максимального момента на выходном валу при вдвое меньшем электромагнитном моменте двигателя, при этом максимальная частота вращения сохраняется на уровне n_{\max} , если при превышении частоты вращения выходного вала значения $n_{\max}/2$ переходить на высшую передачу.

Снижение электромагнитного момента двигателя позволяет вдвое уменьшить его массу за счёт соответствующего уменьшения длины активной части, при сохранении геометрии полюсного деления, максимальных частот вращения и питания двигателя по сравнению с вариантом без коробки передач. Соответственно, снижается стоимость электродвигателя, но при этом увеличивается стоимость механических устройств. Таким образом, использование коробки передач позволяет снизить как массу, так и габариты (длину) электродвигателя. Отметим, что при этом следует принять во внимание совокупные характеристики электромеханической системы

двигатель—коробка передач, с точки зрения их общей массы и габаритов (а также стоимости, ресурса и других показателей).

Эффективность применения коробки передач тем выше, чем больше отношение максимального электромагнитного момента к моменту, развиваемому на максимальной частоте вращения $M_{\max}/(P_{\max}/n_{\max})$, или чем больше отношение установленной мощности двигателя к мощности бортового источника. Действительно, если это отношение меньше двух, то для реализации требуемого момента на максимальной частоте вращения потребуются электродвигатель с соответственно большим моментом, чем $M_{\max}/2$; если мощность P_{\max} совпадает с установленной мощностью электродвигателя $M_{\max}n_{\max}$, то использование коробки передач теряет смысл (в частности, это относится к электрогенератору).

Предельное относительное снижение массы двигателя за счёт использования коробки передач можно оценить величиной $M_{\max}n_{\max}/2P_{\max}$. Соответствующее минимальное число ступеней передач оценивается величиной, равной логарифму по основанию 2 от отношения $M_{\max}n_{\max}/P_{\max}$ (последнее отношение, заметим, равно относительному диапазону скоростей, в котором сохраняется ограничение мощности), с округлением до ближайшего большего целого значения. Например, при диапазоне скоростей с ограниченной

мощностью 4 и более предельное снижение массы двигателя и минимальное число ступеней передач составляют 2 (коэффициенты редукции 2:1), при диапазоне скоростей с ограниченной мощностью 8 и более предельное снижение массы двигателя равно 4 и число передач равно 3 (коэффициенты редукции 4:2:1), при диапазоне скоростей 16 и более массу двигателя можно снизить в 8 раз при четырёх передачах (коэффициенты редукции 8:4:2:1), и т.д.

Реальная эффективность применения простейшей коробки передач несколько меньше. Обратим внимание, что существует область реализуемых моментов, отмеченная на рис. 7 штриховкой, в которой требуемый электромагнитный момент не реализуется ни при высшей, ни при низшей передаче. Определение границ этой области в каждом конкретном случае не вызывает затруднений. Для реализации требуемых электромагнитных моментов в этой области следует либо увеличить реализуемые значения электромагнитного момента при высшей передаче (рис. 8, а), либо увеличить частоту питания электродвигателя на низшей передаче (рис. 8, б). Обе возможности означают некоторое увеличение установленной мощности электродвигателя. Такое увеличение тем меньше, чем больше отношение максимального момента к моменту, развиваемому на максимальной частоте вращения. Для со-

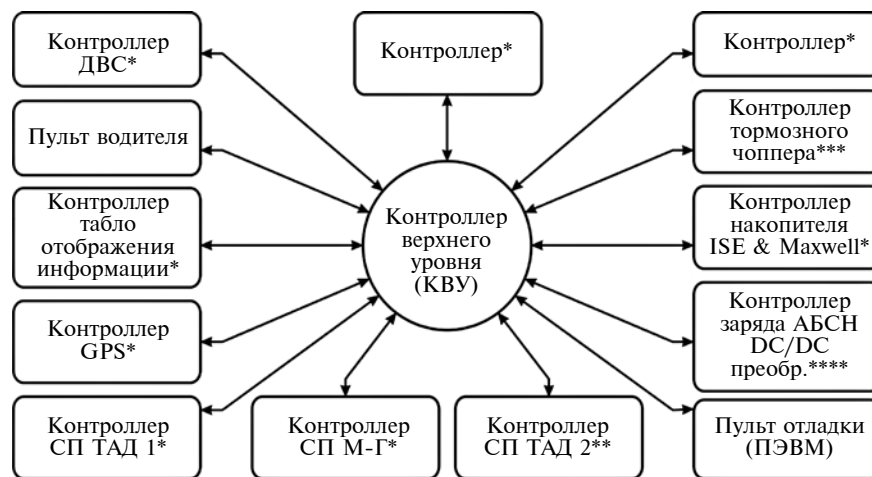


Рис. 9. Структура системы управления звена:

* — все контроллеры объединены каналом связи с шиной CAN; ** — для варианта тележки автопоезда; *** — может управляться от контроллера СП ТАД1; **** — может управляться от контроллера СП М-Г

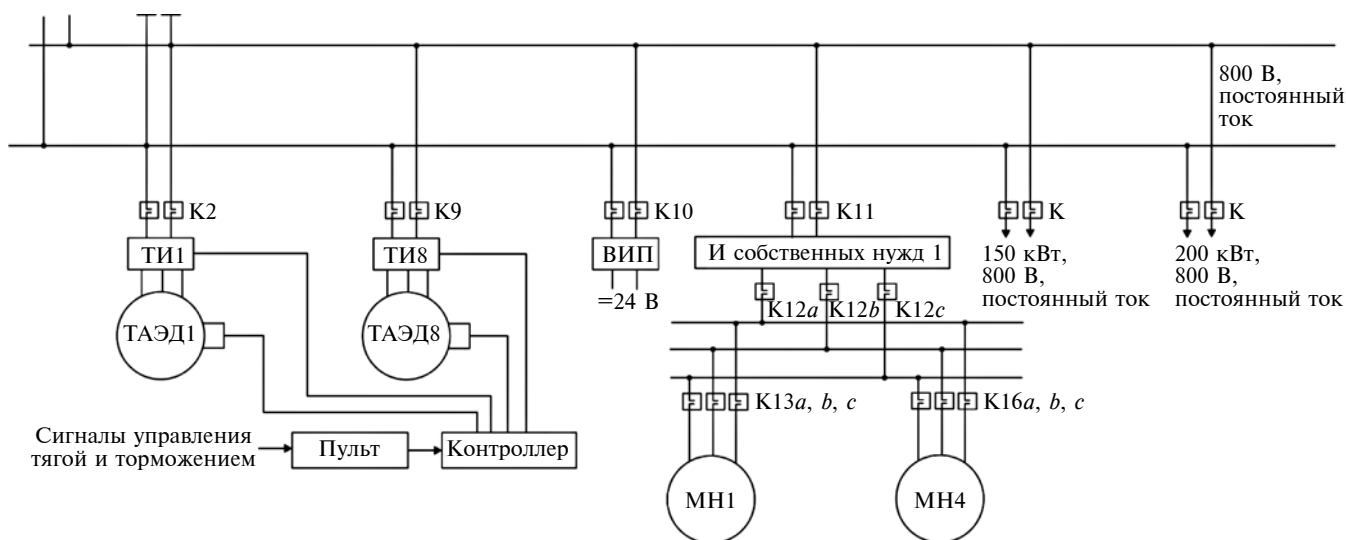


Рис. 10. Обобщённая схема системы электропитания тягача автопоезда

гласования зон переключения передач возможно использование большего числа передач, при которых области формирования моментов при различных передачах "перекрываются", а знаменатель геометрической прогрессии коэффициентов редукции коробки передач меньше двух.

При больших значениях отношение $M_{\max}/(P_{\max}/n_{\max})$, которое для специальной техники может составлять 10 и более, целесообразно использование коробки передач с большим числом ступеней передачи, с соответствующим снижением массы активной части электродвигателей.

Таким образом, использование коробки передач, при соответственном большом отличии максимального момента и момента на максимальной частоте вращения, позволяет уменьшить массу и длину активной части примерно пропорционально максимальному коэффициенту редукции.

Общая структура системы автоматического управления трансмиссии звена представлена на рис. 9, а схема электротрансмиссии тягача — на рис. 10. Состав САУД для автопоезда показан на рис. 11, её общая структура — на рис. 12. Как видим, САУД выполняет роль "дирижёра" систем управления трансмиссией и системой рулевого управления каждого звена, осуществляет дистанционное управление звеньями, а также управление сцепкой звеньев в автопоезде.

Организация САУ системами автопоезда зависит от её типа и конструкции. Для тягача с гибридной электротрансмиссией общая структура представлена на рис. 13. На базе подобной САУД строится, например, автопоезд концепции автономного движения фирмы "Вольво" (рис. 14).

Экспериментальная эксплуатация макетного образца (рис. 15), созданного ОИМ НАН РБ, показала

его высокую экономическую эффективность даже при перевозках в пределах Республики Беларусь.

Существенным недостатком работ, проводимых в области создания многозвенных ТС с электротрансмиссией, остаётся отсутствие комплексной (системной) проработки автомобильной электроэнергетической системы и САУД — даже без создания её роботизированного варианта. Комплексная математическая

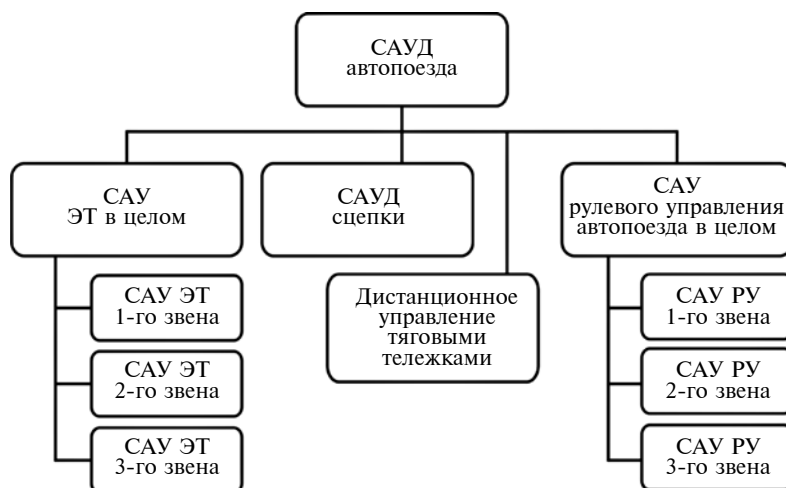


Рис. 11. Состав САУД автопоезда



Рис. 12. Общая структура САУД автопоезда

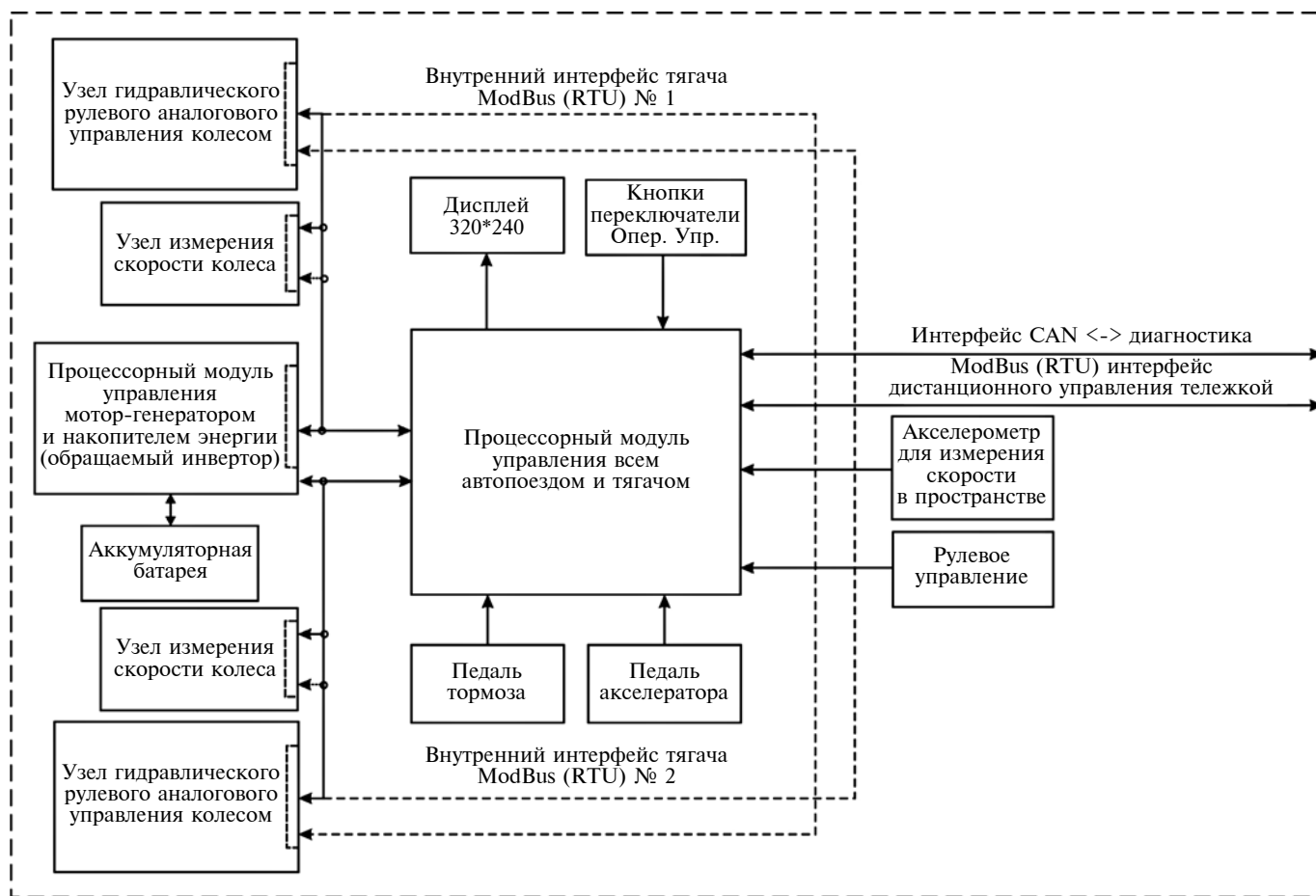


Рис. 13. Общая структура САУ тягача



а)



б)

Рис. 14. Общий вид концептуального автопоезда "Вольво" с автономным управлением:
а — тягач; б — автопоезд



Рис. 15. Макетный образец трёхзвенного автопоезда ОИМ НАН РБ

модель транспортного средства с блоками электротрансмиссии звеньев может быть первым шагом к устранению этой проблемы. Проектирование электротрансмиссии для активного автопоезда с приемлемыми техническими параметрами возможно лишь на базе комплексной математической модели, учитывающей специфику динамики всего автопоезда, и блоков описания электротрансмиссии каждого звена, как составной части модели.

Литература

1. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колёсные транспортные средства особо большой грузоподъёмности. Конструкция. Теория. Расчёт / Под общ. ред. Б.Н. Белоусова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 728 с.
2. Харитончик С.В. Концепция и создание прототипа многозвенного автопоезда с управляемыми активными звеньями для трансконтинентальных перевозок: Дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03. — Мн., 2012. 432 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания и электродвигатели. Global Viewpoints, Japan. Automotive Engineering, August 2002. P. 35—43.
4. Изосимов Д.Б., Клочков О.Г. Критерии оптимизации и постановки задач сопоставления двигателей переменного тока для регулируемого привода. Приводная техника. — 1997. — № 5, 6.
5. Флоренцев С.Н., Изосимов Д.Б. Тяговый электропривод в гибридных транспортных средствах. Идеология проектирования комплектного тягово-энергетического оборудования для гибридных транспортных средств. Часть 1, Электротехника, № 7, 2009. Часть 2, Электротехника. — 2009. — № 8.
6. Златин П.А., Кеменов В.А., Ксеневиц И.П. Электромобили и гибридные автомобили. Агроконсалт, Москва, 2004. — 413 с.

УДК 629.113.001

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРМОЗНОГО ПУТИ АВТОМОБИЛЯ С АБС НА ЗИМНИХ ДОРОГАХ

Д-р техн. наук **ФЕДОТОВ А.И., ГРОМАЛОВА В.О.**
Иркутский НИТУ (fai@istu.edu)

На основе разработанной математической модели и с использованием экспериментальных методов предпринята попытка исследования тормозного пути автомобилей на зимних дорогах. Представлены закономерности влияния видимости водителем пешеходов и дорожной инфраструктуры в ночное время от загрязнения фар автомобиля продуктами обработки химическими противогололёдными материалами. Проанализирован остановочный путь автомобиля, оборудованного антиблокировочной тормозной системой, на зимних дорогах при варьировании начальной скорости торможения.

Ключевые слова: математическая модель, тормозной путь, расстояние видимости пешехода на обочине дороги, пешеход, водитель, химические противогололёдные материалы, загрязнение фар, тёмное время суток, зимняя скользкость.

Fedotov A.I., Gromalova V.O. MATHEMATICAL MODEL FOR RESEARCH OF THE BRAKE WAY OF A CAR WITH ABS ON WINTER ROADS

Based on the developed mathematical model and using experimental methods, an attempt was made to study the braking distance of cars on winter roads. The regularities of the influence of the driver's visibility of pedestrians and road infrastructure at night from the pollution of car headlights by chemical anti-icing materials are presented. The stopping distance of a car equipped with an anti-lock braking system on winter roads with varying initial braking speeds is analyzed.

Keywords: mathematical model, braking distance, visibility distance of a pedestrian on the side of the road, pedestrian, driver, chemical anti-icing materials, headlight pollution, night time, winter slipperiness.

В зимний период времени большая часть дорог России, как известно, покрыта снегом, снежным накатом, льдом. Одним из способов ликвидации снежно-ледяных отложений является применение химических противогололёдных материалов (ХПГМ), которые дорожные службы наносят на покрытое снегом полотно дорог [1]. При низких температурах на дороге образуется "сэндвич" — многослойный состав, состоящий из слоёв тех же льда и снега, перемешанных с противогололёдными материалами, и солевого рассола [2—4]. В условиях интенсивного движения всё это поднимается колёсами автомобилей в воздух, образуется аэрозольная взвесь, загрязняющая световые приборы авто-

мобилей. При этом значительно снижается освещённость дороги фарами и, как следствие, видимость водителями участников дорожного движения, дорожной инфраструктуры и пешеходов в ночное время. Проблемой является и то, что водитель не имеет достоверной информации об уроне загрязнения фар, ведь систем, оповещающих об этом, в автомобиле нет. Ухудшение видимости водитель может воспринимать только *интуитивно* и очень *субъективно*. Проблема усугубляется низким коэффициентом сцепления шин с покрытой ХПГМ дорогой, что существенно увеличивает тормозной путь АТС [4, 5]. Всё вышеизложенное значительно снижает безопасность движения на зимних дорогах в ночное время. Особенно — на зимних дорогах Сибири в условиях резко континентального климата с суточным перепадом температур 20—25 °С.

Анализ научных трудов, посвящённых исследованию влияния применения ХПГМ на безопасность движения АТС и на их эксплуатационные свойства, показывает, что в них не учитывается загрязнение реагентами внешних световых приборов автомобиля [2, 3].

Результаты экспериментальных исследований, проведённых авторами зимой 2018—2019 гг. в реальных дорожных условиях Сибири, на зимних дорогах г. Иркутска, покрытых ХПГМ, с использованием автомобилей "Тойота Функарго" и "Ниссан Кашкай" легли в основу методики, которая позволяет исследовать влияние загрязнения фар автомобиля на возможность его остановки перед препятствием на зимней неосвещённой дороге в ночное время. Анализируя составляющие остановочного пути автомобиля, необходимо отметить, что тормозной путь является его составляющей частью, наряду с путём, пройденным за время реакции водителя, время срабатывания тормозной системы автомобиля (рис. 1).

Экспериментальное исследование тормозной эффективности АТС проводили на зимних дорогах с низким коэффициентом сцепления, как с включенной, так и с отключенной АБС на автомобиле "Тойота Функарго", с комплектом зимних нешипованных шин, модели: "Тойо Стадлесс Джерит G4", размером 185/65 R14. Исследования проводили на дорожном покрытии двух типов: укатанном и неукатанном снегу, при температуре –20 — –25 °С, при помощи прибора "Эффект", с начальной скоростью 10, 20, 40 и 60 км/ч. Результаты исследований приведены на рис. 2.

По результатам экспериментов получена аппроксимирующая зависимость 1 (табл. 1) тормозного пути

№	Формула	Примечания
1	$S_{T\text{ABC}} = 0,0099 \cdot V_0^2 + 0,1587 \cdot V_0$	$S_{T\text{ABC}}$ — длина тормозного пути автомобиля с АБС
2	$S_{T\text{ABC}} = 0,0083 \cdot V_0^2 + 0,1183 \cdot V_0$	
3	$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{R_{x11}\cos\theta_1 + R_{x12}\cos\theta_2 + R_{x21} + R_{x22} + R_{y11}\sin\theta_1 + R_{y12}\sin\theta_2}{M} - \frac{dy}{dt}\omega_z$ $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{R_{y11}\cos\theta_1 + R_{y12}\cos\theta_2 + R_{y21} + R_{y22} - R_{x11}\sin\theta_1 - R_{x12}\sin\theta_2}{M} - \frac{dx}{dt}\omega_z$ $\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{F_{Z11} + F_{Z12} + F_{Z21} + F_{Z22} - Mg}{M}$	R_{x11}, R_{x12} и R_{y11}, R_{y12} — проекции продольных реакций правого и левого передних колёс АТС на оси X и Y ; R_{x21}, R_{x22} и R_{y21}, R_{y22} — проекции продольных реакций правого и левого задних колёс АТС на оси X и Y ; $F_{Z11}, F_{Z12}, F_{Z21}, F_{Z22}$ — усилия в амортизаторах и упругих элементах подвески каждого из четырёх колёс АТС; M — масса АТС; θ_1 и θ_2 — углы поворота правого и левого управляемых колёс АТС; ω_z — угловая скорость вращения массы автомобиля M относительно оси Z
4	$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \{(F_{Z22} + F_{Z21})b - (F_{Z12} + F_{Z11})a + (R_{x11}\cos\theta_1 + R_{x12}\cos\theta_2 + R_{x21} + R_{x22} + R_{y11}\sin\theta_1 + R_{y12}\sin\theta_2)(h_g + Z)\}/J_y$	J_x, J_y, J_z — осевые моменты инерции относительно осей x, y, z поддрессоренной массы (кузова); a, b — расстояние от центров передних и задних осей до центра масс; S_1, S_2 — колеи передних и задних колёс; h_g — расстояние от центра масс автомобиля до поверхности дороги
5	$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \{(F_{Z22} + F_{Z21})b - (F_{Z12} + F_{Z11})a + (R_{x11}\cos\theta_1 + R_{x12}\cos\theta_2 + R_{x21} + R_{x22} + R_{y11}\sin\theta_1 + R_{y12}\sin\theta_2)(h_g + Z)\}/J_y$	
6	$\frac{d^2\gamma}{dt^2} = \{(R_{y11}\cos\theta_1 + R_{y12}\cos\theta_2 - R_{x11}\sin\theta_1 - R_{x12}\sin\theta_2)a +$ $+ (R_{y12}\sin\theta_2 - R_{y11}\sin\theta_1 + R_{x12}\cos\theta_2 - R_{x11}\cos\theta_1)S_1/2 - (R_{y21} + R_{y22})b +$ $+ (R_{x22} - R_{x21})S_2/2\}/J_z$	
7	$V_{11} = \frac{d\beta}{dt} \frac{S_1}{2} + \frac{d\alpha}{dt} a - \frac{dz}{dt}$ $V_{12} = -\frac{d\beta}{dt} \frac{S_1}{2} + \frac{d\alpha}{dt} a - \frac{dz}{dt}$ $V_{21} = \frac{d\beta}{dt} \frac{S_1}{2} - \frac{d\alpha}{dt} b - \frac{dz}{dt}$ $V_{22} = -\frac{d\beta}{dt} \frac{S_1}{2} - \frac{d\alpha}{dt} b - \frac{dz}{dt}$	—
8	$Z_{ijt} = Z_{ijt-1} + V_{ij}dt$	Z_{ijt} — деформации упругих элементов в момент времени t ; Z_{ijt-1} — деформации упругих элементов в предыдущий момент времени $t-1$; i — индекс оси АТС (1 — передняя, 2 — задняя); j — индекс колеса (1 — правое, 2 — левое); $dt = 0,001$ с — шаг интегрирования дифференциальных уравнений
9	$F_{Zij} = Z_{ij}C_{ij} + K_{ij}V_{ij}$	C_{ij} — жёсткости упругих элементов подвески автомобиля; K_{ij} — коэффициенты демпфирования амортизаторов (сжатие — K_{cij} , отбой — K_{oij})
10	$V_x = \dot{x}\cos\omega_z - \dot{y}\sin\omega_z$ $V_y = \dot{x}\sin\omega_z + \dot{y}\cos\omega_z$	V_x — абсолютная скорость движения центра масс АТС относительно оси X' ; V_y — абсолютная скорость движения центра масс АТС относительно оси Y'
11	$\delta_{11} = -\arctg\left[\frac{\dot{y} + \omega_z a}{\dot{x} + \omega_z S_1/2}\right] + \theta_1$ $\delta_{12} = -\arctg\left[\frac{\dot{y} + \omega_z a}{\dot{x} + \omega_z S_1/2}\right] + \theta_2$ $\delta_{21} = -\arctg\left[\frac{\dot{y} - \omega_z b}{\dot{x} + \omega_z S_2/2}\right]$ $\delta_{22} = -\arctg\left[\frac{\dot{y} - \omega_z b}{\dot{x} - \omega_z S_2/2}\right]$	—
12	$f(s) = \sin\{a_1 \arctg(b_1 S)\}$	—

№	Формула	Примечания
13	$r_{\text{ко}} = r_c - (R_z C_2 + \sqrt{R_z C_1})$	C_1 и C_2 — коэффициенты, корректирующие функцию силового радиуса
14	$R_\Sigma = R_z \varphi_{\text{max}} f(s)$	—
15	$R_x = R_\Sigma m_{\text{бх}} S_x / S$ $R_y = R_\Sigma m_{\text{бy}} S_y / S$	—
16	$\frac{d\omega_k}{dt} = \frac{R_x r_{\text{ко}} - M_T - M_f}{J_k}$	M_T — тормозной момент, подведённый к колесу автомобиля; M_f — момент сопротивления качению колеса; J_k — момент инерции колеса
17	$T_{\text{TM}} \Delta P_{\text{TM}} = P_T - P_{\text{TM}}$	T_{TM} — постоянная времени дискового тормозного механизма; P_{TM} — давление рабочего тела в тормозном механизме; P_T — давление рабочего тела на входе в тормозной механизм; ΔP_{TM} — скорость изменения давления рабочего тела в тормозном механизме
18	$M_T = \begin{cases} 0, & \text{если } \Delta P_{\text{TM}} > 0 \text{ и } \Delta P_{\text{TM}} > \Delta_0 \text{ или } \Delta P_{\text{TM}} \leq 0 \\ K_1(P_{\text{TM}} - \Delta_0), & \text{если } \Delta P_{\text{TM}} > 0 \text{ и } K_1(P_{\text{TM}} - \Delta_0) - M_{\text{TP}} > 0 \\ K_2 P_{\text{TM}}, & \text{если } \Delta P_{\text{TM}} \leq 0 \text{ и } K_2 P_{\text{TM}} - M_{\text{TP}} < 0 \\ M_{\text{TP}}, & \text{если } \Delta P_{\text{TM}} > 0 \text{ и } K_1(P_{\text{TM}} - \Delta_0) - M_{\text{TP}} \leq 0 \\ M_{\text{TЗ}}, & \text{если } \Delta P_{\text{TM}} \leq 0 \text{ и } K_2 P_{\text{TM}} - M_{\text{TP}} \geq 0 \\ R_z \varphi_{\text{max}} f_b r_{\text{ко}}, & \text{если } \omega_k \leq 0 \end{cases}$	Δ_0 — зона нечувствительности тормозного механизма к давлению рабочего тела в исполнительном механизме при его нарастании; $M_{\text{TЗ}}$ и M_{TP} — тормозной момент во время изменения знака первой производной давления в исполнительном механизме; K_1 и K_2 — темп нарастания и снижения тормозного момента
19	$K_1 = K_{10} - K_{\omega_1} \omega_k$	K_{10} и K_{20} — коэффициенты нарастания и снижения темпа изменения тормозного момента при $\omega_k \rightarrow 0$; K_{ω_1} и K_{ω_2} — коэффициенты коррекции темпов изменения тормозного момента от величины угловой скорости колеса ω_k
20	$K_2 = K_{20} - K_{\omega_2} \omega_k$	
21	$\frac{dP_{\text{TM}}}{dt} > 0$ при $\begin{cases} A = 0 \\ B = 0 \end{cases}$, если $S < S_y$ и $\dot{\omega}_k < 0$	$\dot{\omega}_k$ — угловое ускорение колеса
22	$\frac{dP_{\text{TM}}}{dt} < 0$ при $\begin{cases} A = 1 \\ B = 1 \end{cases}$, если $S \geq S_y$ и $\dot{\omega}_k < 0$	
23	$\frac{dP_{\text{TM}}}{dt} = 0$ при $\begin{cases} A = 1 \\ B = 0 \end{cases}$, если $S \geq S_y$ и $\dot{\omega}_k \geq 0$, или если $S < S_y$ и $\dot{\omega}_k \geq 0$	
24	$\tau_T = \tau'_T + \tau''_T$ $\tau_C = \tau'_C + \tau''_C$ $\tau_B = \tau'_B + \tau''_B$	τ_T, τ_C, τ_B — суммарные задержки времени ЭБУ и модулятора, на увеличение, сброс и стабилизацию давления; $\tau'_T, \tau'_C, \tau'_B$ — задержки, связанные с работой ЭБУ; $\tau''_T, \tau''_C, \tau''_B$ — задержки, связанные с работой модулятора
25	$P_T = \begin{cases} P_{T_1} + K_T t_T, & \text{если } A = 0, B = 0, t_T > 0 \\ P_{T_2} - K_C t_C, & \text{если } A = 1, B = 1, t_C > 0 \\ P_{T_1}, & \text{если } A = 1, B = 0, t_C > 0 \\ P_{T_{\text{max}}}, & \text{если } P_T \geq P_{T_{\text{max}}} \\ P_{T_{\text{min}}}, & \text{если } P_T \leq P_{T_{\text{min}}} \end{cases}$	P_{T_1} и P_{T_2} — значения давления в момент смены знака его первой производной; $P_{T_{\text{max}}}$ и $P_{T_{\text{min}}}$ — максимальное и минимальное значения давления в приводе, когда $\frac{dP_{\text{TM}}}{dt} = 0$; K_T и K_C — соответственно темпы нарастания и сброса давления; t_T, t_P, t_C — текущие значения времени, соответственно нарастания, сброса и выдержки давления; t_i — координата времени процесса изменения давления в гидравлическом приводе тормозного механизма; $t_{\text{пт}}, t_{\text{пр}}, t_{\text{пс}}$ — моменты времени подачи управляющих команд от ЭБУ ABS на сброс, подъём и стабилизацию давления
26	$t_T = t_i - t_{\text{пт}} - \tau_T$	
27	$t_P = t_i - t_{\text{пр}} - \tau_C$	
28	$t_C = t_i - t_{\text{пс}} - \tau_B$	
29	$S_{\text{ост}} = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26g\varphi}$	—

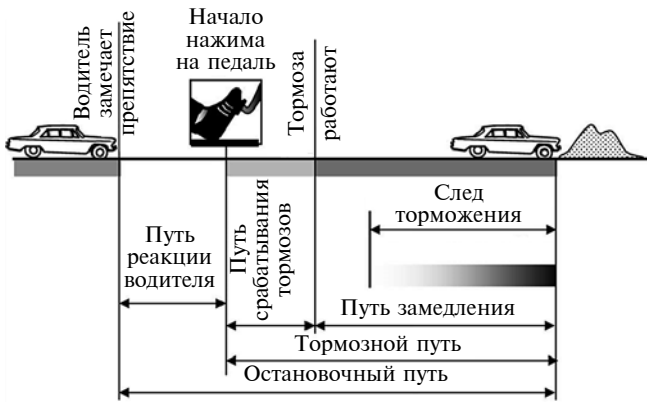


Рис. 1. Составляющие остановочного пути автомобиля

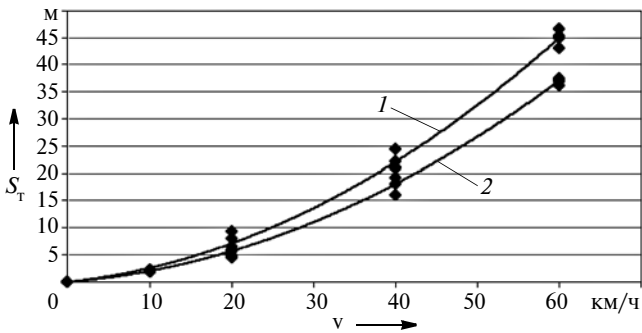


Рис. 2. Графики тормозного пути автомобиля "Тойота Функарго" на укатанном снегу при температуре -25°C (точки — эксперимент; кривые — расчёт):

1 — с функционирующей ABS; 2 — с отключенной ABS

автомобиля с функционирующей ABS на укатанном снегу от начальной скорости торможения V_0 . (Коэффициент достоверности аппроксимации $R^2 = 0,99$.)

При торможении автомобиля с отключенной ABS длина его тормозного пути S_T на укатанном снегу вполне удовлетворительно описывается аппроксимирующим выражением вида 2. (Зависимость получена при коэффициенте достоверности аппроксимации $R^2 = 0,99$.)

Для анализа тормозной эффективности АТС на зимних дорогах, покрытых ХПГМ, были проведены и аналитические исследования. Для этого на кафедре "Автомобильный транспорт" ИРНИТУ была разработана математическая модель, в которой поступательно движущаяся масса автомобиля представлена как колебательная система с поддрессоренной массой в виде твёрдого тела, обладающего шестью степенями свободы (рис. 3, 4, 5).

Уравнения, описывающие процесс движения автомобиля в пространстве, составлены относительно подвижной (X, Y, Z) и неподвижной (X', Y', Z') систем координат. Неподвижная система координат X', Y', Z' жёстко закреплена к дороге. При этом плоскость X, O, Y подвижной системы

координат лежит в плоскости X', O, Y' и совершает относительно неё движения вместе с автомобилем. Положение подвижной системы X, Y, Z относительно неподвижной системы X', Y', Z' определяется координатами x', y' и углом γ её поворота относительно оси OZ . Кузов автомобиля связан с подвижной системой координат X, Y, Z так, что его центр масс может совершать только линейные перемещения вдоль оси OZ , а сама поддрессоренная масса M , может поворачиваться относительно осей OX — (на угол крена) и OY — (на угол дифферента). При этом в модели принято допущение, что центр крена кузова автомобиля геометрически совпадает с его центром масс. Положение кузова автомобиля относительно подвижной системы координат (X, Y, Z) в текущий момент времени определяется по координатам: α — угол поворота кузова относительно оси OY — (дифферент); β — угол поворота кузова автомобиля относительно оси OX — (крен); z — координата перемещения центра масс автомобиля относительно оси OZ . Подвеска автомобиля изображена в виде жёсткостей C и амортизаторов, имеющих несимметричные характеристики сжатия и отбоя. Демпфирование амортизаторов определяли коэффициентами K_c — сжатия и K_o — отбоя.

Дифференциальные уравнения перемещений массы кузова автомобиля, записанные относительно подвижных осей координат X, Y и Z , после их решения относительно старших производных представлены формулами 3. Дифференциальные уравнения угловых перемещений массы АТС относительно осей X, Y и Z после решения их относительно старших производных запишутся в виде 4, 5, 6.

Усилия в упругих элементах подвески и в амортизаторах определяли через скорости деформаций упругих элементов. Скорости деформации каждого упругого элемента представлены уравнениями 7, учитывают угловые скорости крена и дифферента кузова автомобиля относительно осей x и y , а также скорость перемещения центра масс автомобиля вдоль оси Z . Деформации упругих элементов подвесок АТС опреде-

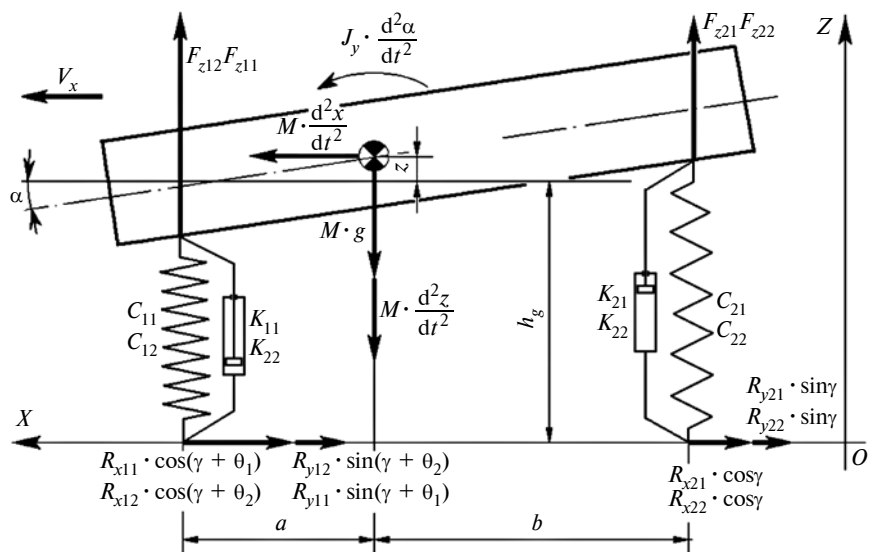


Рис. 3. Расчётная схема процесса торможения автомобиля (плоскость XOZ)

ляли согласно уравнению 8. Усилия в амортизаторах и упругих элементах подвески определяли с учётом скоростей и деформаций подвески (уравнений 7 и 8) по формуле 9.

Связь между подвижной (X, Y, Z) и неподвижной (X', Y', Z') системами координат в модели осуществляется при помощи уравнений вида 10. Углы увода эластичных шин колёс АТС определяли при помощи уравнений 11. При этом углы увода эластичных шин передних колёс определяли с учётом углов поворота управляемых колёс θ_1 и θ_2 .

При выборе математической модели эластичной шины учитывали их особенность — смещение (при торможении) максимума продольной реакции R_x с увеличением угла увода δ в сторону большего проскальзывания S . Это важно тем, что моделируется работа антиблокировочной системы, которая, регулируя процесс торможения колёс, непрерывно отыскивает максимумы тормозных сил при критическом проскальзывании шин и поддерживает торможение на их уровне. Рисунок 6 наглядно показывает смещение критического проскальзывания $S_{кр}$ шины, при котором происходит срыв её пятна контакта, если колесо движется с углом увода. Оно может меняться в диапазоне от 0,1 до 1,0.

Поэтому для описания выходных характеристик эластичной шины автомобильного колеса использована математическая модель, разработанная А.Б. Диком [4, 5]. В модели проекции R_x и R_y продольной реакции тормозящего колеса определяли на основе нормированной функции проскальзывания [4, 5] (формула 12). Нормированная функция позволяет с высокой степенью точности описывать стационарные характеристики (см. рис. 6) автомобильных шин, полученные на основе обработки экспериментальных характеристик сцепления.

Силовой радиус колеса — радиус качения в ведомом режиме — $r_{ко}$ определяли с учётом действующей на шину нормальной реакции R_z и радиуса r_c не нагруженного колеса [5] — по формуле 13. Реализованную суммарную продольную реакцию в пятне контакта тормозящего колеса [5] рассчитывали по формуле 14. Проекции продольной реакции R_x и R_y на оси x и y [5] определяли по формулам 15. Угловое ускорение колеса определяли из уравнения динамического равновесия 16.

Для описания работы тормозного механизма была использована математическая модель, которая учиты-

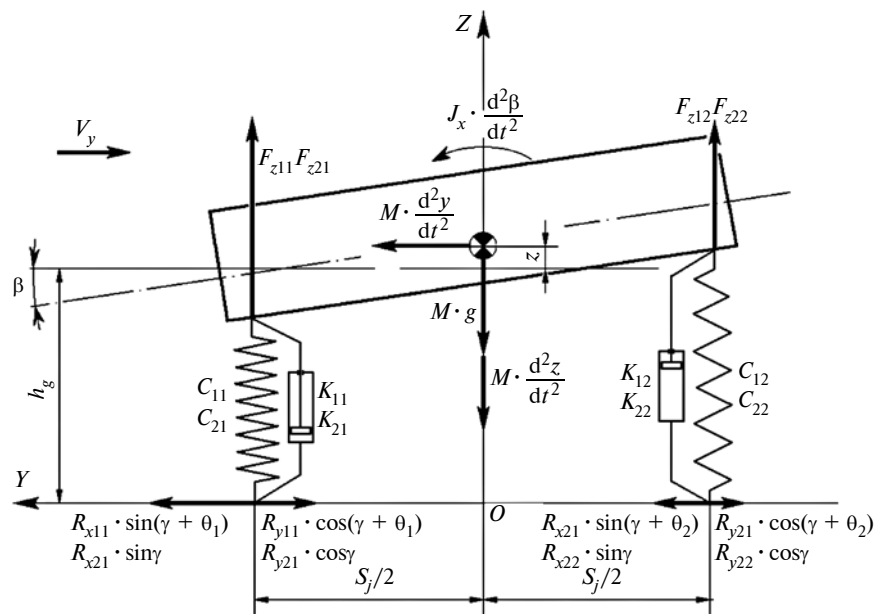


Рис. 4. Расчётная схема процесса торможения автомобиля (плоскость YOZ)

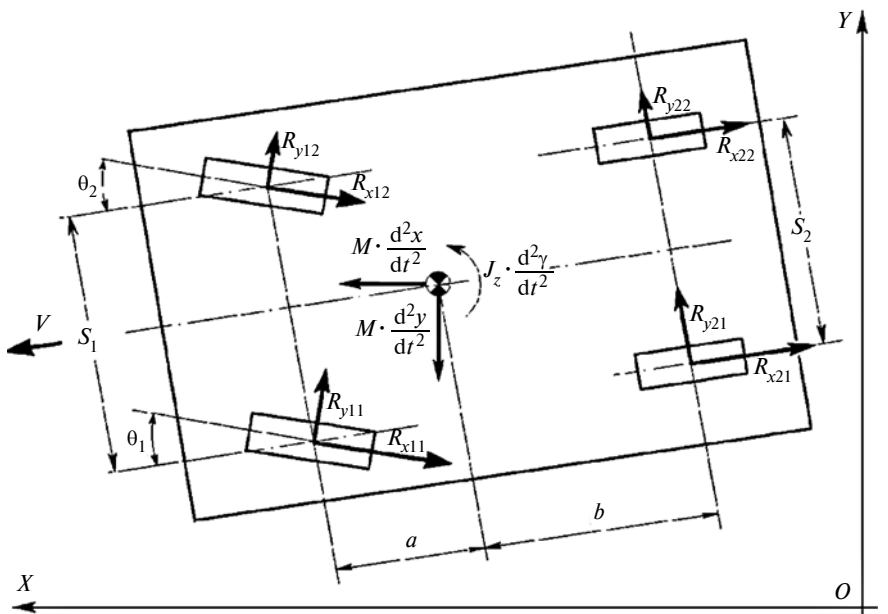


Рис. 5. Расчётная схема процесса торможения автомобиля (плоскость XOY)

вает: гистерезисные потери в тормозном механизме; его инерционность (фазовые запаздывания срабатывания); зону нечувствительности тормозного механизма, зависящую от зазора в паре трения; изменение тормозного момента от относительной скорости перемещения элементов пары трения. Модель эта относительно проста в расчётах и достаточно точна. Инерционность (фазовые запаздывания срабатывания) тормозного механизма модель описывает при помощи уравнения 17 динамического звена 1-го порядка.

В математической модели тормозного механизма описание нелинейных характеристик (зависимостей $M_T = f(P_{TM})$) проводили методом кусочно-линейной аппроксимации. Он учитывает зону нечувствительности тормозного механизма к давлению рабочего те-

ла и снижение тормозного момента до величины момента по сцеплению при нахождении колеса в блоке (формула 18). Темпы K_1 и K_2 нарастания и снижения тормозного момента корректируются с изменением скорости относительного перемещения пары трения, или в зависимости от угловой скорости вращения колеса (формулы 19 и 20).

Математическая модель логики работы электронного блока управления АБС позволяет моделировать исполнительные команды для срабатывания модулятора давления в зависимости от проскальзывания S и углового ускорения $\dot{\omega}_k$ эластичной шины тормозящего колеса. В процессе работы АБС её электронный блок управления открывает и закрывает электромагнитные клапаны (отсечки и слива) модулятора, при помощи команд A и B . Это изменяет давление рабочего тела в приводе тормозного механизма. В исходном состоянии клапан отсечки давления A нормально открыт, а сливной клапан B нормально закрыт.

Для трёхфазового алгоритма работы АБС математическое описание логики работы его ЭБУ имеет вид формул: 21 — при повышении давления; 22 — при снижении давления; 23 — при выдержке давления. ЭБУ АБС определяет значения S , S_y , $\dot{\omega}_k$ с погрешностями и задержками во времени, величины которых зависят от типа датчиков, от характеристик ЭБУ и др. Все перечисленные временные задержки учитывает математическое описание работы модулятора. При этом работа самого блока управления моделировалась без задержек.

Таким образом, математическая модель модулятора давления рабочего тела в приводе тормозных механизмов позволяет рассчитывать изменения давления с временными задержками. Эти задержки оказывают значительное влияние на эффективность процесса торможения АТС с функционирующей АБС, поэтому их необходимо учитывать.

Расчёт временных задержек срабатывания модулятора и ЭБУ представлен уравнениями вида 24. На рис. 7 показана схема, иллюстрирующая функционирование модулятора давления рабочего тела в приводе

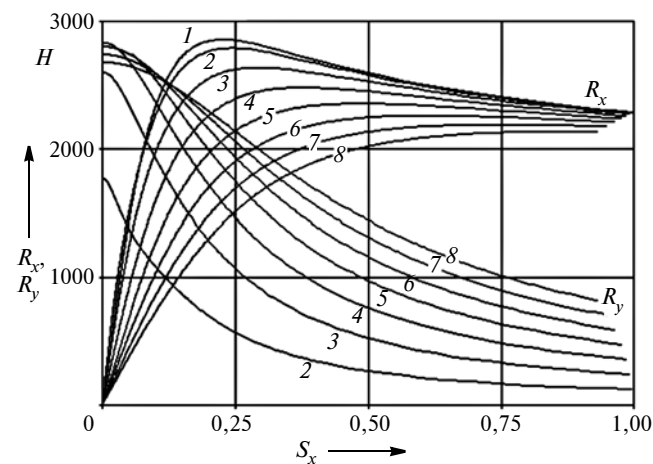


Рис. 6. Рассчитанные по модели А.Б. Дика стационарные характеристики шины ($R_z = 3000$ Н):
1 — угол увода $\delta = 0^\circ$; 2 — $\delta = 5^\circ$; 3 — $\delta = 10^\circ$; 4 — $\delta = 15^\circ$; 5 — $\delta = 20^\circ$; 6 — $\delta = 25^\circ$; 7 — $\delta = 30^\circ$; 8 — $\delta = 35^\circ$

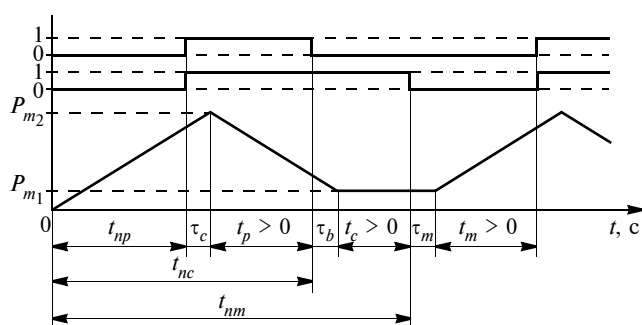


Рис. 7. График работы модулятора давления по командам ЭБУ трёхфазовой АБС

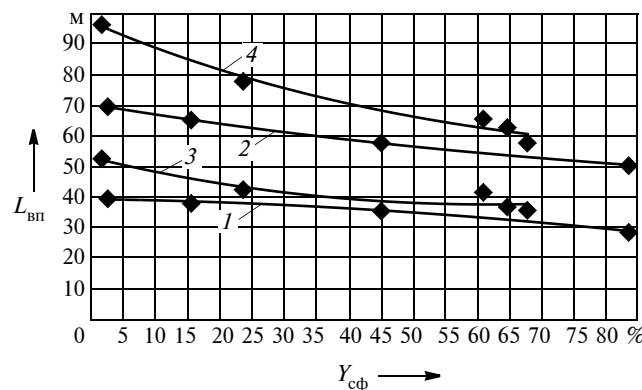


Рис. 8. Графики зависимости расстояния видимости ($L_{ан}$) пешехода на обочине дороги в тёмное время суток от величины загрязнения (Y_{cf}) фар:
1 и 2 — ближний и дальний свет "Тойота Функарго"; 3 и 4 — ближний и дальний свет "Ниссан Кашкай"

тормозного механизма по командам ЭБУ АБС, а также задержки изменения давления после подачи команд. На его основе и было разработано математическое описание рабочего процесса модулятора давления. Темпы нарастания K_1 и сброса K_c давления при работе модулятора АБС приняты постоянными. Их можно изменять в начальных условиях программы расчёта. Математическое описание модулятора давления рабочего тела имеет вид формул 25, 26, 27 и 28.

Математическое описание процесса торможения автомобиля с АБС имеет достаточно большое количество нелинейных дифференциальных уравнений, которые решали численными методами на ЭВМ. В качестве такого метода выбран метод численного интегрирования дифференциальных уравнений Эйлера.

На следующем этапе исследования, при помощи программы "Microsoft Excel", выполняли обработку экспериментального материала, полученного по результатам исследования определения видимости пешехода на ночной дороге, в свете загрязнённых фар автомобиля ХПГМ.

Построены графики зависимости расстояния видимости пешехода на зимней дороге в тёмное время суток от величины загрязнения фар, представленные на рис. 8. На графике отчетливо видно, насколько снижается видимость водителем пешехода от возрастающего загрязнения фар автомобиля продуктами обработки химическими противогололёдными материалами. Так, изменение загрязнения фар на автомобиле "Тойота

Функарго" в диапазоне от 2,5 до 83,5 % приводит к снижению видимости водителем пешехода в режиме ближнего света: с 39,5 до 29 м, а при дальнем свете — с 69,5 до 50 м. На автомобиле "Ниссан Кашкай" изменение загрязнения фар в диапазоне от 1,7 до 67,6 % приводит к снижению видимости водителем пешехода соответственно с 52,6 до 35,6 м и с 95 до 57,5 м.

В ходе экспериментального исследования процесса торможения автомобиля на зимних дорогах было установлено, что самый большой *тормозной путь* на ука-

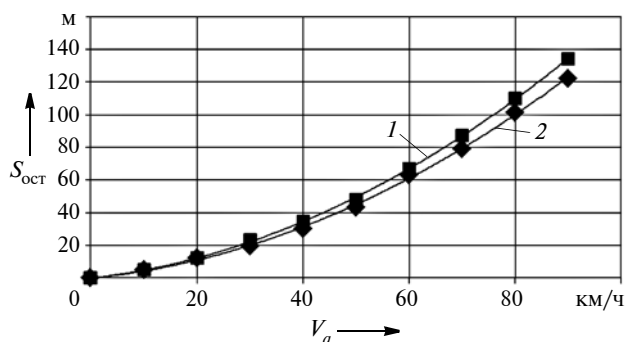


Рис. 9. Графики зависимости остановочного пути автомобиля от начальной скорости торможения на дороге с укатанным снегом (эксперимент): 1 — без ABS; 2 — с ABS

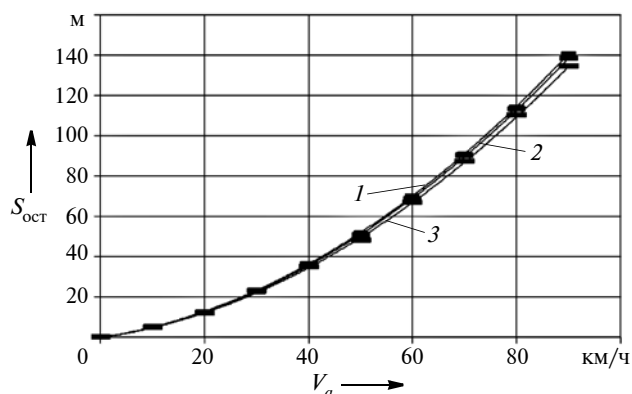


Рис. 10. Графики зависимости остановочного пути автомобиля от начальной скорости торможения без ABS на дороге с укатанным снегом: 1 — расчёт по математической модели; 2 — расчёт по формуле 29; 3 — результат эксперимента

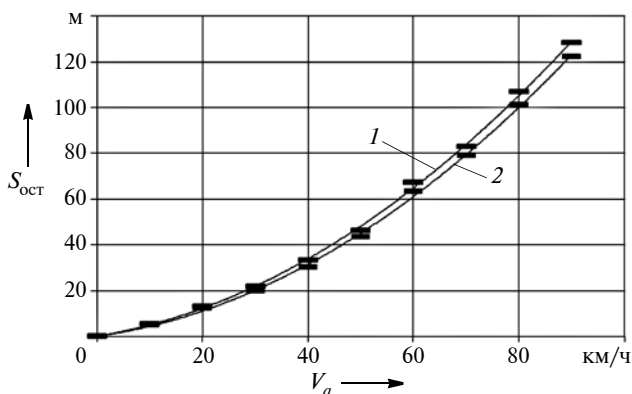


Рис. 11. Графики зависимости остановочного пути автомобиля от начальной скорости торможения с ABS на дороге с укатанным снегом: 1 — результат эксперимента; 2 — расчёт по математической модели

Скорость автомобиля, км/ч	Остановочный путь, м (при коэффициенте сцепления 0,3)				
	Расчётный (по формуле 29)	Результат дорожных испытаний		Расчёт по математической модели	
		с ABS	без ABS	с ABS	без ABS
0	0	0	0	0	0
10	5,19	5,3	5,3	5,1	5
20	13,0	13,0	12,51	12,2	12,12
30	23,4	21,9	22,79	19,7	23,31
40	36,4	33,1	36,2	30,2	34,82
50	52,1	46,2	50,83	43,5	48,31
60	70,4	67,3	68,71	63,2	66,93
70	91,2	82,9	90,12	79,1	87,3
80	114,7	106,7	113,1	101,3	110,1
90	140,8	128,1	138,5	122,2	134,3

танном снегу с отключенной ABS получен при начальной скорости торможения 60 км/ч: он составил 45 м (см. рис. 2). Далее по формуле 29 был рассчитан остановочный путь автомобиля на зимних дорогах с коэффициентом сцепления 0,3 [5].

Величина коэффициента сцепления 0,3 характерна для зимних дорог Сибири, обработанных ХПГМ. Результаты экспериментальных и аналитических исследований остановочного пути представлены в табл. 2. Представленные результаты позволили построить графики зависимости остановочного пути автомобиля от скорости движения на зимней дороге с укатанным снегом (рис. 9—11).

Как видим, разработанная математическая модель позволяет рассчитывать тормозной и остановочный путь оборудованных антиблокировочными системами АТС категории М1 на зимних дорогах с погрешностью, не превышающей 3...5 %. Результаты расчётов помогают выявлять закономерности влияния начальной скорости торможения на величину тормозного и остановочного пути автомобиля на дорогах с низким коэффициентом сцепления; определять безопасную скорость движения АТС в условиях ограниченной видимости водителем пешеходов и дорожной инфраструктуры, вызванной загрязнением фар продуктами обработки дороги химическими противогололёдными материалами.

Литература

1. ОДН Требования к противогололёдным материалам. М.: Информавтор, 2003. 72 с.
2. Ветрова В.В. Влияние антигололёдных реагентов на дорожные условия и безопасность движения на автомагистрали / [Текст]. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.11 МАДИ, Москва — 2006, 136 с.
3. Балакин В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. — Омск: СибАДИ, 2015, 136 с.
4. Дик А.Б. Расчёт стационарных и нестационарных характеристик тормозящего колеса при движении с уведом.: дис. ... канд. техн. наук: Омск. 1988. 228 с.
5. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса. [Текст]. / Дик А.Б. / Сборник научных трудов "Надёжность и активная безопасность автомобиля" / МАМИ. — 1985. С. 205—216.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЙ НОВОЙ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Кандидаты техн. наук **ПОЖИДАЕВ С.П., ЛАВРИНЕНКО А.Т.**

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
(+38050.245-40-65, spozhy2@ukr.net)

Приведены результаты экспериментального исследования, целью которого являлась проверка гипотезы о том, что общее сопротивление от силовых факторов, связанных с преодолением сопротивления воздуха, зависит от высоты точки приложения равнодействующей всех элементарных сил сопротивления воздуха к корпусу машины.

Ключевые слова: новая теория движения автомобиля, высота метацентра, вечный двигатель, экспериментальные исследования.

Pozhydaiev S.P., Lavrinenko A.T. EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE SOME PROVISIONS OF THE NEW CAR MOVEMENT THEORY

The results of an experimental study are presented, the purpose of which was to test the hypothesis that the total resistance from force factors associated with overcoming air resistance depends on the height of the point of application of the resultant of all elementary forces of air resistance to the machine body.

Keywords: a new theory of car movement, metacentre height, a perpetual motion machine, experimental research.

Последние несколько лет в научно-технической печати активно обсуждается так называемая новая теория движения автомобиля, особенностью которой является учёт высоты точек приложения продольных сил, действующих на автомобиль. Это, в частности, приводит к получению следующего уравнения: $P_{w\text{общ}} = P_w h_w / r$, где $P_{w\text{общ}}$ — общее сопротивление от силовых факторов, связанных с преодолением сопротивления воздуха; P_w — сила сопротивления воздуха, приложенная к корпусу автомобиля; h_w — высота метацентра; r — радиус колёс.

Из данного уравнения следует, что при отрицательном значении высоты метацентра h_w общее сопротивление $P_{w\text{общ}}$ также станет отрицательным. То есть оно будет не препятствовать, а способствовать движению транспортного средства, станет его движущей силой. Это означает, что, например, транспортные средства с подвесными вагонами якобы смогут двигаться под действием энергии встречного потока воздуха, а это ни что иное как один из вариантов вечного двигателя. Одного этого следствия из приведённого соотношения достаточно для признания новой теории движения автомобиля ошибочной.

В НУБиП Украины проведены экспериментальные исследования, целью которых являлась проверка гипотезы о том, что общее сопротивление от силовых факторов $P_{w\text{общ}}$, связанных с преодолением сопротивления воздуха, зависит от высоты h_w точки приложения равнодействующей всех элементарных сил сопротивления воздуха P_w к корпусу машины.

Для обоснования рациональной конструкции экспериментальной установки была проанализирована

часть схемы гипотетического транспортного средства, представленная на рис. 1 и включающая: корпус 1, ведомое 2 и ведущее 5 колёса, установленные посредством подшипниковых узлов 3 и 6 на одной и той же оси 4, и полуось 7, передающую крутящий момент M_T от моторно-трансмиссионной установки к ведущему колесу 5. В процессе движения транспортного средства на его корпус действует некоторая сила сопротивления воздуха P_w . Её можно перенести к оси 4 колёс — см. пунктирную линию. В соответствии с новой теорией движения сила P_w , будучи перенесённой на ось, приводит к образованию на ведущем колесе силы сопротивления движению $P_{w\text{общ}}$.

Положим, что это действительно так. Но механизм взаимодействия с осью 4 как ведущего 5, так и ведомого 2 колёс совершенно одинаков. Оба колеса связаны с осью идентичным образом — через подшипники. Поэтому статус колеса (ведущее или ведомое) не может влиять на преобразование силы P_w , приложенной к оси колеса, в силу $P_{w\text{общ}}$. Более того, ведомое колесо — это частный случай ведущего колеса: оно представляет собой ведущее колесо, нагруженное бесконечно малым крутящим моментом M_T . Следовательно, признавая возможность образования силы $P_{w\text{общ}}$ на ведущем колесе 5, следует признать возможность образования таковой и на ведомом колесе 2. Это подтверждается и исследуемой формулой. Если бы статус колеса влиял на его (колеса) взаимодействие с корпусом транспортного средства в части преобразования силы P_w в силу $P_{w\text{общ}}$, то в формулу входило бы и значение момента M_T , подведённого к колесу от трансмиссии.

Благодаря этим обстоятельствам экспериментальная установка обязательно должна иметь ведущие колёса. Она может представлять собой прицепную колёсную тележку с установленным на ней аэродинамическим тормозом, обеспечивающим получение некоторой силы сопротивления воздуха P_w . Если, например, радиус колёс тележки будет равен 0,275 м, а высота метацентра аэродинамического тормоза 1,10 м, то отношение h_w / r будет равно 4,0. Следовательно, прогнозируемое общее сопротивление $P_{w\text{общ}}$ должно быть равно $4P_w$. С учётом ещё и сил сопротивления движению собственно тележки суммарная сила её сопротивления движению, измеренная на дышле тележки, должна быть несколько большей, чем $4P_w$. Экспериментальное подтверждение этого прогноза даст право принять гипотезу о справедливости уравнения, являющегося центральным в новой теории движения.

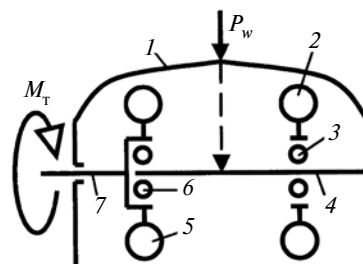


Рис. 1. Часть схемы гипотетического транспортного средства



Рис. 2. Общий вид прицепной тележки

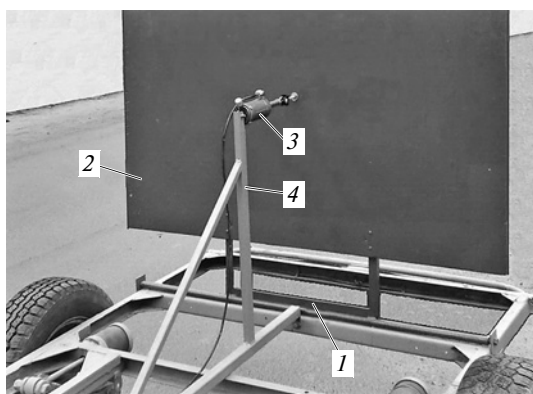


Рис. 3. Щит 2 и силоизмерительный гидроцилиндр 3

А неподтверждение прогноза потребует отклонения гипотезы.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 2. Прицепная одноосная тележка оборудована колёсами с шинами размером 175/70R13, статический радиус которых равен 0,275 м. На тележке в поперечно-вертикальной плоскости установлена металлическая рамка 1 с прикрепленным к ней фанерным щитом 2 площадью 1,15 м² (рис. 3). Рамка 1 шарнирно прикреплена к раме тележки, вследствие чего щит 2 имеет возможность свободно отклоняться вперед или назад. Центр щита, принятый в качестве его метацентра, находится на высоте 1,10 м над уровнем дороги.

Для измерения силы P_w , действующей на щит, к его центру присоединён шток измерительного гидроцилиндра, корпус 3 которого шарнирно прикреплён к стойке 4 (рис. 3). Диаметр поршня гидроцилиндра — 50 мм, эффективная площадь поршня — 17,08 см². Сила, требуемая для перемещения поршня при отсутствии противодействия рабочей жидкости, равна 0,01 кН. В качестве прибора, показывающего давление жидкости в гидроцилиндре, применялся манометр 5 по ГОСТ 2405—88 с лицевой панелью диаметром 160 мм, пределом измерения 4,0 кгс/см², ценой

деления 0,02 кгс/см², класса точности 0,6 (рис. 4). Работоспособность данной измерительной системы была проверена с помощью динамометра ДПУ-01-2 общего назначения с пределом измерения 1,0 кН, ценой деления 0,01 кН и предельной основной погрешностью ±2 %.

Тягово-сцепное устройство было связано с дышлом тележки через четырёхзвенный силоизмерительный узел 6, оснащённый упомянутым выше динамометром 7 типа ДПУ-01-2 (рис. 5). Полная масса прицепной тележки вместе с измерительным оборудованием, определённая на автомобильных весах, составила 185 кг; статическая нагрузка на сцепной шар равна 0,27 кН. Для автоматической фиксации показаний измерительных приборов применялся автомобильный видеорегистратор 8 (см. рис. 4), в поле зрения которого находился и сигнальный фонарь 9. Фонарь включался водителем при движении автомобиля в заданном режиме. Скриншот видеозаписи, осуществлённой при проведении одного из опытов на рис. 6.

Прицеп буксировался автомобилем "Сеат Кордоба" с двигателем рабочим объёмом 2,0 л. Работоспособность экспериментальной установки была проверена в ряде предварительных заездов на скоростях движения до 110 км/ч включительно. Зачётные испытания проводились на 28—31-м километрах международной автомобильной дороги М-05 Киев—Одесса. Участок дороги — горизонтальный, скорость ветра в день испытаний, по данным метеосводок, составляла 10—15 км/час,

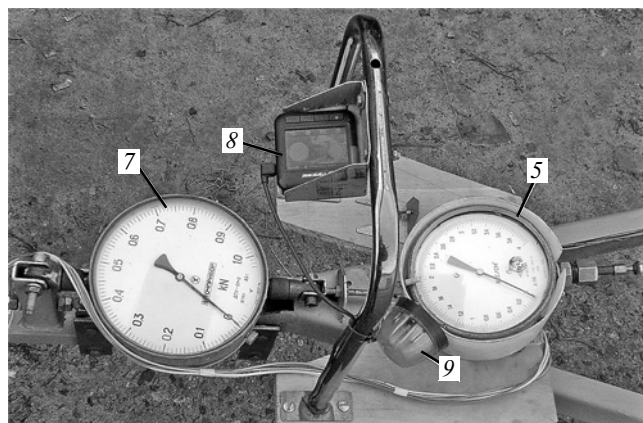


Рис. 4. Блок приборов и видеорегистратор

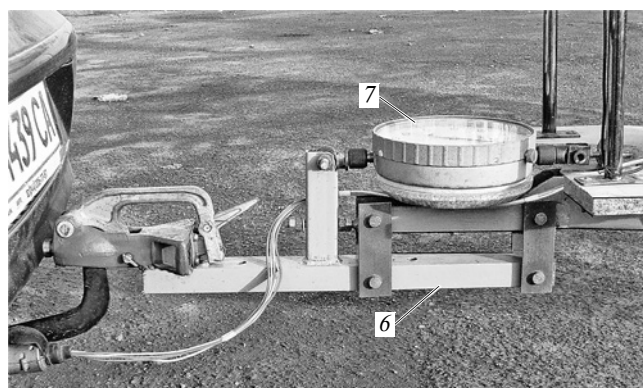


Рис. 5. Силовизмерительный узел дышла тележки

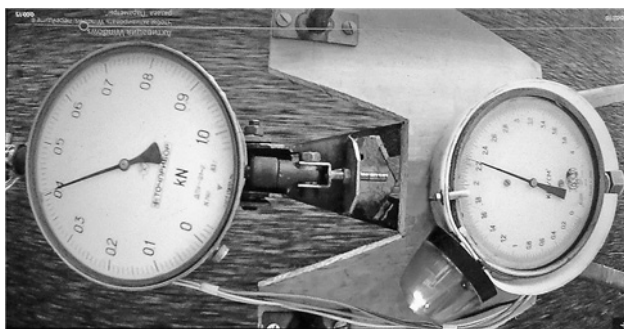


Рис. 6. Скриншот записи видеорегистратора

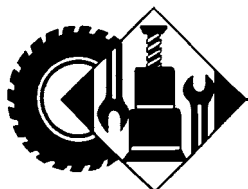
направление ветра — примерно под 45° к направлению дороги. Было проведено по одному опыту длительностью по одной минуте при движении за ветром и против ветра. Скорость движения автомобиля во время опытов поддерживалась равной 90 км/ч и определялась по его штатному спидометру.

В первом опыте среднее значение показаний давления манометра было равно $2,2 \text{ кг/см}^2$, что соответ-

ствует силе P_w , равной 0,37 кН. Амплитуда случайных вибрационных колебаний стрелки манометра не превышала двух делений шкалы, т.е. $0,04 \text{ кг/см}^2$. Среднее значение тягового усилия на дышло тележки при этом было равно 0,40 кН при случайных вибрационных колебаниях стрелки динамометра с амплитудой, периодически изменяющейся от 5 до 10 делений шкалы, т.е. до 0,1 кН.

Во втором опыте среднее значение показаний давления манометра было равно $3,2 \text{ кг/см}^2$, что соответствует силе P_w , равной 0,54 кН. Среднее значение тягового усилия на дышло при этом было равно 0,60 кН при примерно таких же случайных колебаниях стрелок приборов, что и в предыдущем опыте.

Таким образом, в первом опыте тяговое усилие на дышло прицепа превышало силу сопротивления воздуха P_w всего на 8 %, а во втором случае — на 11 %. Следовательно, результаты испытаний не позволяют принять гипотезу о справедливости соотношения являющегося центральным в новой теории движения, т.е. эта теория ошибочна.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 621.113.066

АДАПТАЦИЯ ФИРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДФО

Канд. техн. наук ПАВЛИШИН С.Г., БРЮЗГИН Ф.А.,
СТОВПЕЦ М.В.

Тихоокеанский ГУ (4212.37-51-99)

На основе сбора, анализа и обработки статистической информации по характерным отказам, наработкам до наступления и трудоёмкостям их устранения седельных тягачей "ИВЕКО Траккер" в условиях эксплуатации Дальневосточного федерального округа разработаны корректирующие действия в их фирменную систему технического обслуживания, позволяющие предотвратить или отдалить появление данных отказов, сократить затраты на обеспечение работоспособности и простои в ремонте лесовозного парка автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: система фирменная, обслуживание техническое, нормативы технической эксплуатации, отказ, работоспособность, условия эксплуатации, операция.

Pavlishin S.G., Bruzgin F.A., Stopovets M.V. ADAPTATION OF THE COMPANY'S MAINTENANCE SYSTEM OF A FOREIGN MANUFACTURER TO THE OPERATING CONDITIONS OF THE DFO

On the basis of the collection, analysis and processing of statistical information on characteristic failures, operating time before the onset and complexity of their elimination Iveco Trakker tractors pro-

posed corrective actions in their proprietary maintenance system to prevent or delay the occurrence of these failures, reduce the cost of ensuring efficiency and downtime in the repair of the timber fleet of the motor transport enterprise.

Keywords: system brand, maintenance, norms of technical operation, failure, performance, maintenance, operating conditions, operation.

Седельные тягачи, используемые для транспортировки леса, постоянно работают в тяжёлых условиях — на делянках и пересечённой местности. Здесь весьма вероятны нештатные и неустановившиеся режимы работы агрегатов, узлов и систем, — таких как двигатель, коробка передач, раздаточная коробка, сцепление и тормозная система, что влечёт за собой их перегрев, ускоренный износ и отказы. Также для седельных тягачей-лесовозов характерны условия движения в горной местности и по бездорожью, где их скорость снижается на 50...52 %, средняя частота вращения коленчатого вала увеличивается до 130...136 %, число переключения передач возрастает в 3...3,5 раза, а удельная работа трения тормозных механизмов в 8...8,5 раза [1 и 10]. Значительно увеличивается число троганий и выключений сцепления, присутствуют режимы пробуксовок ведущих колёс и ударные нагрузки, приходящиеся на подвеску, трансмиссию, седельно-сцепное устройство, а также дополнительные нагрузки на раму тягача. Нельзя не отметить и такие характерные для Дальневосточного федерального округа условия эксплуатации транспортных средств, как значительные



Рис. 1. Седельный тягач "ИВЕКО Траккер" АТ720Т45WT

колебания температуры окружающего воздуха с высокими ветровой нагрузкой, влажностью, количеством осадков и солнечной радиации [2 и 3].

В данной работе поставлена цель проанализировать наиболее характерные отказы (неисправности), возникающие у седельных тягачей "ИВЕКО Траккер" и скорректировать их фирменную систему технического обслуживания таким образом, чтобы предотвратить или отдалить появление данных отказов, а значит тем самым сократить затраты на обеспечение их работоспособности и простои в ремонте.

Для этого выполнены наблюдения за 45 автомобилями мод. АТ720Т42WT (рис. 1) предприятия ОАО "Тернейлес", занимающегося заготовкой и переработ-

кой леса и расположенного в морском порту "Пластун" Тернейского района Приморского края вблизи Японского моря.

В процессе наблюдений установлены следующие технико-эксплуатационные показатели. Среднегодовой пробег — 58 687 км, среднесуточный — 270 км, средний пробег между промежуточным техническим обслуживанием М1 (аналог нашего ТО-1) — 22 680 км, средняя трудоёмкость проведения ремонтных работ — 6,7 чел. · ч · дней. В течение года усреднённый автомобиль использовался 247 дней. Также были выявлены характерные отказы и проведён анализ их причин [4—8] указанных автомобилей (сведены в табл. 1).

Как видно из таблицы, большая часть отказов приходится на стабилизаторы поперечной устойчивости (14,6 %). Наблюдается разрыв материала сайлентблока по причине избыточных кренов и частых изменений положения ведущих мостов при движении в условиях бездорожья. На втором месте — отказы ведущих мостов (13,8 %).

Наблюдаются утечки трансмиссионного масла, связанные с загрязнением сапунов отвода картерных газов, влекущие за собой повышение давления в картере мостов и нарушение по данной причине герметичности сопряжения вал—сальник. Также к характерным неисправностям ведущих мостов можно отнести разрегулировку и износ подшипников ступиц колёс и посадочных мест под них, а также поломку шпилек ступиц. Это связано с тем что подшипники ступиц колёс лесовозов испытывают значительные нагрузки статического, динамического и импульсного характера.

Таблица 1

Элемент конструкции АТС	Число отказов, шт.	Проявление отказа	Доля отказов, %	Средняя трудоёмкость устранения отказа, чел. · ч.
Стабилизаторы поперечной устойчивости	73	Разрыв материала сайлентблока	14,6	2
Ведущие мосты	69	Течь масла через сальники, износ ступичных подшипников и (или) посадочных мест под подшипники	13,8	5,2
Поперечины рамы	61	Усталостные разрушения, трещины в местах крепления поперечин к раме	12,2	10,2
Турбокомпрессор	49	Износ подшипников, вала и лопастей колёс	9,8	2,6
Карданные передачи	46	Износ шлицевых соединений и (или) карданных шарниров	9,2	2
Электрооборудование	43	Нарушение целостности изоляции проводов, окисление электро-разъёмов	8,6	2
Тормозные механизмы	32	Износ тормозных накладок и (или) тормозных цилиндров	6,4	4,5
Седельно-сцепное устройство	25	Износ поверхности седла и рабочей поверхности запорного кулака	5	2
Топливные форсунки	18	Ухудшение качества распыла топлива из-за падения давления его подачи при износе плунжерной пары или засорении топливных каналов	3,6	5
Реактивные тяги	15	Разрыв материала сайлент-блоков, повреждение тяг	3	1,5
Сцепление	13	Износ диска сцепления и (или) выжимного подшипника	2,6	10
Раздаточная коробка	13	Износ вилки включения переднего моста	2,6	7

К характерным отказам поперечин рамы относятся погнутости, разрывы и усталостные трещины по отверстиям под болтовые соединения и нарушение прочности самих болтовых соединений. Дефекты поперечин рамы появляются в результате эксплуатации тягачей с перегрузками, неправильной буксировки, частых изменений положения рамы и избыточных кренах при езде в горной местности и по бездорожью. На них приходится до 12,2 % от всех отказов.

К типичным отказам турбокомпрессора можно отнести износ подшипников, вала и лопастей колёс. Износ лопастей связан с тем, что ТС работают на грунтовых дорогах с повышенной запылённостью воздуха, вследствие чего воздушный фильтр не обеспечивает полноценную его очистку, что приводит к появлению нагарообразования на лопастях горячей части турбокомпрессора и разбалансировке подвижных его частей. Дисбаланс подвижных частей турбокомпрессора сопровождается резким увеличением радиальных нагрузок между валом и подшипниками, а под их воздействием масляная плёнка разрывается и появляется сухое трение, что также приводит к отказам (на эти отказы приходится до 9,8 %).

На отказы карданных передач приходится до 9,2 % от общего числа отказов. Это износ карданных шарниров и шлицевых соединений. К основным их причинам можно отнести избыточные углы и зазоры между валами при частых изменениях положений ведущих мостов, что характерно для движения в горной местности и по бездорожью.

Полученные эмпирические данные по наработкам до характерных отказов седельных тягачей "ИВЕКО Траккер" были обработаны с помощью стандартных процедур. Аппроксимация наработок до отказов проводилась теоретическими законами нормальным, экспоненциальным и Вейбулла с заданной доверительной вероятностью $P_d = 0,9$. Обработка экспериментальных данных проводилась с помощью программы "Ресурс" [8 и 9]. Результаты обработки статистических данных о наработках седельных тягачей до наступления отказов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Объект исследования	Параметр			Закон распределения вероятностей
	Средняя наработка до отказа, км	Средне-квадратическое отклонение	Коэффициент вариации	
Стабилизаторы поперечной устойчивости	35 909	4613	0,128	Нормальный
Ведущие мосты	38 180	5411	0,142	Нормальный
Поперечины рамы	42 938	5547	0,129	Нормальный
Турбокомпрессор	54 228	3405	0,063	Нормальный
Карданные передачи	56 058	5941	0,106	Нормальный

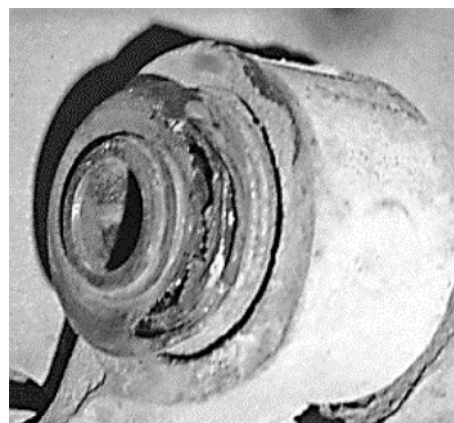


Рис. 2. Состояние изношенного сайлентблока стабилизатора

Установлено, что указанные выше отказы агрегатов и систем седельных тягачей "ИВЕКО Траккер" вызваны как нарушением правил эксплуатации (в частности несвоевременным переключением передач, несоблюдением скоростного режима, частыми пробуксовками колёс и неправильной буксировкой ТС, а также использованием некачественного, с повышенным содержанием серы, дизельного топлива и перегрузом), так и естественным износом деталей, вследствие тяжёлых условий ДФО (холодный климат, бездорожье, холмистые участки и др., в том числе близость Японского моря, т.е. наличие агрессивной окружающей среды) [2, 4, 7, 9].

Для оптимизации режимов технического обслуживания седельных тягачей ИВЕКО, используемых в качестве лесовозов в данных условиях, авторами совместно с работниками предприятия ОАО "Тернейлес" предложено внести ряд изменений (корректирующих действий) в фирменную систему поддержания их работоспособности [11 и 12]. Периодичность технического обслуживания М1 следует сократить с рекомендуемых 40 до 20 тысяч километров, а в перечень его работ дополнительно включить следующие дополнительные операции: органолептическая проверка (диагностика) на наличие повреждений материала сайлентблока стабилизатора поперечной устойчивости (рис. 2); органолептическая проверка (диагностика) на наличие повреждений ведущих мостов, на их герметичность и состояние сапунов (рис. 3) и при необходимости — очистка сапунов [11]; проверка (диагностика) на наличие повреждений ступиц колёс (измерить приспособлением модели 99389819 моменты сопротивления вращению ступиц); проверка (диагностика) на наличие повреждений поперечин рамы — усталостных трещин, разрывов и погнутостей (рис. 4) и при необходимости динамометрическим ключом модели АД 5-25 моментов затяжки болтовых соединений поперечины с рамой; проверка (диагностика) состояния карданных передач на наличие люфта в карданных шарнирах и (или) износа шлицевых соединений; продувка сжатым воздухом (продувочным пистолетом мод. ПО-190) воздушного фильтра или его плановая замена с обязательной очисткой его корпуса (рекомендуется проводить даже при отсутствии сигнала датчика о загряз-



Рис. 3. Течь масла из-под сопряжения вал—сальник ведущего моста



Рис. 4. Характерное повреждение поперечины рамы

нении воздушного фильтра). Неисправности, выявленные при проведении указанных работ, устраняются согласно требованиям и технологии фирмы-производителя [11 и 12].

По нашему мнению, предлагаемые дополнительные операции в перечень работ технического обслуживания М1 позволят предупредить или отдалить наступление характерных отказов лесовозов "ИВЕКО Траккер", сократить простой техники в ремонте и со-

ответственно повысить коэффициент технической готовности лесовозного парка предприятия. Следует также отметить, что предлагаемые корректирующие действия в фирменную систему поддержания работоспособности будут актуальны и для других автотранспортных предприятий, занимающихся вывозкой леса с делянок в условиях эксплуатации ДФО.

Литература

1. Захаров Н.С. Сравнительная оценка надёжности автомобилей с дизельными и газодизельными двигателями / Н.С. Захаров, В.А. Ракин // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2015. — № 4 (179). — С. 50—52.
2. Захаров Н.С. Факторы, влияющие на продолжительность простоя транспортно-технологических машин в текущем ремонте / Н.С. Захаров, С.А. Савин, М.М. Иванкив, А.А. Лушников // Нефтяное хозяйство. — 2014. — № 4. — С. 82—84.
3. Лянденбургский В.В. Формирование рациональной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей / Ponte Academic Journal, Vol. 73. No. 5. May 2017.
4. Лянденбургский В.В. Совершенствование диагностирования трансмиссии / В.В. Лянденбургский, П.М. Экимов, Д.А. Посыпкин, А.А. Нестеров // Уральский научный вестник. 2017. № 1 (268). С. 99—101.
5. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определение: ГОСТ 27.002—89. Введ. 1989-07-01. — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 28 с.
6. Дыренков Е.В., Сафонов С.В., Стовец М.В., Павлишин С.Г. Сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей седельных тягачей КАМАЗ-65225-43 и Iveco Trakker AT720T42WT. Материалы секционных заседаний 59-й студенческой научно-практической конференции ТОГУ: в 2 т. / [отв. ред. И.Н. Пугачёв]. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. — 2 т. С. 100—102.
7. Байбакова А.А. Стенд для диагностики ведущих мостов грузовых автомобилей / А.А. Байбакова // Автомобильная промышленность. 2018. № 6. — С. 20—22.
8. Павлишин С.Г. Пути повышения надёжности автомобилей КАМАЗ в гарантийный период эксплуатации / А.Н. Дульнев, Д.А. Макаров // Автомобильная промышленность. 2016. № 2. — С. 27—29.
9. Казанников О.В. Восстановление и упрочнение выпускных клапанов ДВС методом электроискрового легирования / О.В. Казанников // Автомобильная промышленность, 2018. № 7. — С. 34—36.
10. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов [и др.]. — 3-е изд., — М.: Наука, 2001. — 535 с.
11. Технические характеристики, методы ремонта и обслуживания всех узлов и систем автомобиля IVECO TRAKKER. — Italy: IVECO, EDITORIA TECNICA, 2018. — 981 с.
12. Iveco Trakker руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию и ремонту с дизельными двигателями 2017. — 258 с.

УДК 629.3.018.4

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Д-р техн. наук **ДЬЯКОВ И.Ф.**

Ульяновский ГТУ (i.dyakov@ulstu.ru)

Изложены возможности повышения эффективности транспортных средств при эксплуатации. Приведены расчёты и отдельные показатели для оценки их эксплуатационной технологичности. Сформулированы показатели транспортного средства на основе взаимной уязвимости энергозатрат с основными параметрами автомобиля.

Ключевые слова: эксплуатационная технологичность, энергозатраты, интенсивность отказов, трудоёмкость технического обслуживания и ремонта, интенсивностьavorота управляемых колёс.

Dyakov I.F. ASSESSMENT OF OPERATIONAL ADAPTABILITY OF VEHICLES

The article describes the possibility of improving the operational manufacturability of vehicles in the design. Calculations of the main parameters and their characteristics are given. Results—the generalized indicators of manufacturability on the basis of mutual linking of energy consumption with the main parameters are formulated.

Keywords: operational manufacturability, energy consumption, failure rate, labor intensity of maintenance and repair, turn intensity.

Эксплуатационная технологичность — совокупность эксплуатационных свойств автотранспортных средств, характеризующих приспособленность к выполнению транспортной работы на этапе эксплуата-

ции с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов для поддержания их технического состояния и ремонта. В процессе разработки должен быть найден оптимальный компромисс между отдельными параметрами АТС и эксплуатационными свойствами [1, 2].

Анализ основных свойств транспортного средства включает: проходимость, устойчивость движения, надёжность, тягово-скоростные, топливно-экономичные, аэродинамические и тормозные свойства, бесшумность работы агрегатов, эргономичность, трудоёмкость обслуживания и ремонта. Определение эксплуатационной технологичности любой модели автомобиля по такому комплексу показателей представляет довольно сложную задачу. Кроме того, на эксплуатационные свойства влияют компоновочная схема и качество изготовленных деталей, включающее прочность, износостойкость, долговечность, металлоёмкость, ремонтпригодность. Не всякий автомобиль и не всегда полностью удовлетворяет требованиям разработчика, т.е. далеко не все сформулированные цели достижимы при имеющихся ресурсах как в области проектирования, так и в области технологии изготовления [3, 4]. Между тем обеспечить высокие эксплуатационные свойства транспортных средств существенно помогает математическое моделирование. Решение задачи зависит в основном от опыта и творческой деятельности проектировщика и смежных отделов в целом. На практике обеспечение технологичности конструкции решают с использованием моделирования геометрического. При решении любой задачи конструктор должен руководствоваться не только высоким технологическим уровнем и эксплуатационными свойствами транспортного средства, но и учесть требования технологии производства, а для этого необходимо иметь показатели (критерии) эксплуатационных и технологических свойств проектируемого объекта. Использование физического моделирования имеет свои неточности — при использовании модели, которая должна быть подобна оригиналу, что не всегда так.

Основой оценки эксплуатационной технологичности транспортных средств является изучение поведения одних свойств транспортных средств (прогнозируемых) в зависимости от изменения других параметров (прогнозирующих), чтобы в вероятностном плане предвидеть, что будет происходить с транспортными средствами в будущем. Для этого должны быть известны показатели в настоящее время. Свойства автомобиля, заложенные проектировщиками, отражаются в условиях эксплуатации, поэтому при успешном решении задачи и обеспечении высокой технологичности транспортного средства получаем в эксплуатации высокую производительность с минимальными удельными затратами на текущий ремонт и техническое обслуживание [5, 6].

Если рассматривать заданные дискретные значения интенсивности отказов $\{\lambda_{1(J_s)}, \lambda_{2(J_s)}, \dots, \lambda_{n(J_s)}\}N$ автомобилей одной модели с одинаковой наработкой, то задача оценки эксплуатационной технологичности состоит в предсказании изменения надёжности отдель-

ных агрегатов до некоторой будущей величины наработки [3, 4]. В табл. 1 приведены параметры потока отказов автомобилей ЗИЛ при нормативном планировании технических обслуживаний в одних условиях эксплуатации с гарантированной вероятностью более 0,9 и наработкой более 50 и менее 50 тыс. км (в каждой группе было по 10 автомобилей, мониторинг осуществлялся в течение года).

Эти данные недостаточно полно характеризуют эксплуатационную технологичность из-за отсутствия некоторых показателей (дорожные условия, использование прицепов и т. д.). Если рассматривать отношения фактических значений к нормативным, то они также не дают точных результатов оценки из-за множества факторов, включающих оснащённость современным гаражным оборудованием и квалификацию обслуживающего персонала, что непосредственно влияет на надёжность транспортных средств. Чтобы более точно определить эксплуатационную технологичность транспортных средств нужно иметь сведения теоретического и экспериментального характера. Оптимально, если оно обладает необходимыми технико-экономическими свойствами и при том как можно проще и дешевле при изготовлении и в эксплуатации, что достигается отработкой конструкции. Степень эксплуатационной технологичности АТС определяется производственными затратами, такими как себестоимость перевозок, трудоёмкость изготовления, обслуживания и ремонта. Если ограничиться этими показателями, то оказываются неясными конкретные пути совершенствования конструкции. Поэтому в качестве показателей эксплуатационной технологичности используются энергозатраты автомобиля в киловатт-часах (кВт·ч). Кроме того, указывают конкретные пути отработки конструкции. Для оценки эксплуатационной технологичности используем не один, а несколько частных показателей. Учитывая, что часть энергии идёт на усталостное разрушение детали, рекуперацию энергии, часть расходуется на выполнение транспортной работы, преодоление суммарного сопротивления движению, то энергозатраты на выполнение транспортной работы J_{s_j} находят из выражения 1 (табл. 2). Затраты энергии транспортного средства, зависящие от совершенства конструкции в целом, можно представить в виде формулы 2.

Таблица 1

№	Параметр	ЗИЛ-433360 с наработкой	
		более 50 тыс. км	менее 50 тыс. км
1	Среднее число отказов за назначенный ресурс (150 тыс. км)	10,90	7,07
2	Параметр потока отказов	0,039	0,0133
3	Выборочное среднее квадратическое отклонение параметров потока отказов, 1/тыс. км	0,418	0,0092
4	Коэффициент гарантированной вероятности	3,56	3,99

№	Формула	Примечания
1	$J_{S_i} = \{v_{cp} [m_n (k_y \beta + \eta_\sigma) \psi] + 80z + F_w \pm F_j\} \times 2,723 \cdot 10^{-6} / \eta_{тр}$	v_{cp} — средняя скорость движения, $v_{cp} = (0,55 \dots 0,60)v_{max}$; m_n — полная масса транспортного средства; k_y, β — коэффициенты использования соответственно грузоподъёмности и пробега; η_σ — коэффициент, учитывающий использование собственной массы автомобиля; ψ — суммарные дорожные сопротивления движению; z — число пассажиров, включая водителя; F_w — аэродинамическая сила сопротивления воздуха; F_j — сила инерции при разгоне и торможении автомобиля; $t_{дв}$ — время движения; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии
2	$J_k = v_{cp} \left[m_c \left(\psi + \frac{\delta_{вп} j}{g} \right) + \eta_\sigma + 80z + F_w + F_j \right] \frac{r_k}{r_d} \times 2,723 \cdot 10^{-6} / \eta_{тр}$	m_c — снаряжённая масса автомобиля; $\delta_{вп}$ — коэффициент, учитывающий сопротивление вращающихся масс автомобиля; j — ускорение разгона; r_k, r_d — соответственно радиусы колеса качения и динамический
3	$k_j = \frac{J_s - J_k}{J_k} 100 \%$	—
4	$t_{всп} = \frac{1}{\varepsilon_y \omega_0} \ln \frac{1}{\lambda(1 - \varepsilon_y^2)} \rightarrow \min$	$\varepsilon_y = k_{всп} / (2m_n \omega_0) = k_{всп} / (2\sqrt{m_n c_n})$ — степень успокоения; $k_{всп}$ — коэффициент успокоения, численно равный силе сопротивления подвески при скорости поддресоренной массы, равной единице ($\dot{z} = 1$); $\omega_0 = \sqrt{c_n / m_n}$ — коэффициент, зависящий от упругих свойств подвески; c_n — жёсткость подвески; m_n — поддресоренная масса; λ — коэффициент точности установки поддресоренной массы в положение равновесия
5	$J_Q = Q_s H_n \rho_t u_{тр} L1,162 \cdot 10^{-6}$	Q_s — абсолютный путевой расход топлива; H_n — теплотворная способность топлива; ρ_t — плотность топлива; $u_{тр}$ — передаточное число трансмиссии, то отношение $J_Q / J_k = \eta_j$ характеризует энергетические потери в трансмиссии, и если учитывать коэффициент эффективности использования транспортного средства в условиях эксплуатации $1 - J_Q / J_s = k_3$
6	$\lambda_{J(S)_i} = \sum_{i=1}^n z_{от} / J_{S_i}$	$z_{от}$ — количество отказов за рассматриваемый период наработки, кВт · ч
7	$\tau'_{то,рi} = \sum_{i=1}^n T_{то,рi} / J_{S_i}$	n — количество отказов за период J_{S_i} наработки; $T_{то,р}$ — трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта
8	$k_\tau = \frac{T_x^k - T_\tau}{T_x}$	T_x — кинетическая энергия движущихся и вращающихся масс; T_τ — кинетическая энергия торможения шины по поверхности дорожного полотна
9	$T_x^k = \frac{1}{2} \left[m_a \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_k \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right]$	x — осевая координата перемещения автомобиля; J_k — момент инерции колеса; φ — угол поворота колеса
10	$\sum_{i=1}^n T_\tau = \sum_{i=1}^n \left(M_{\tau\phi} + R_z \frac{A_k}{r_k} \varphi \right)$	M_τ — тормозной момент на барабане; R_z — вертикальная реакция колеса; A_k — площадь контакта колеса с опорной поверхностью; r_k — радиус качения колеса; φ — коэффициент трения колеса с опорной поверхностью равен 0,56; n — число колёс
11	$M_\tau = \frac{F(a+c)}{\frac{c\tau}{\mu r_6 \beta_0} \pm 1}$	F — усилие, развиваемое тормозными цилиндрами; μ — коэффициент трения между накладкой и барабаном; r_6 — радиус барабана; $\tau = \cos \beta_1 - \cos \beta_2 - \mu(\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$; $a, c, \beta_0, \beta_1, \beta_2$ — геометрические размеры тормозного механизма
12	$P'_{уд} = P_{e \max} / G_a$	$P_{e \max}$ — максимальная мощность двигателя
13	$\alpha_{ск} = \frac{\omega_k \alpha_{рк} \mu_\psi}{\alpha_k \omega_{рк} u_{ру}} \eta_{ру}$	ω_k — угловая скорость поворота колеса; $\alpha_{рк}$ — угол поворота рулевого колеса; μ_ψ — коэффициент чувствительности поворота рулевого колеса; α_k — угол поворота колеса; $\omega_{рк}$ — угловая скорость поворота рулевого колеса; $u_{ру}$ — передаточное число рулевого управления; $\eta_{ру}$ — КПД рулевого управления
14	$F_{рк} = \frac{M_{соп}}{r_{рк} u_{ру} \eta_{ру}}$	$M_{соп}$ — момент сопротивления повороту колеса; $r_{рк}$ — радиус рулевого колеса
15	$M_{соп} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_{z1}}{r_k} A_{кон} \right) \varphi$	R_{z1} — реакция, приходящаяся на управляемый мост автомобиля

№	Формула	Примечания
16	$R_{z1} = \frac{G_a}{L} \left(b + \frac{j_z}{g} h_g \right)$	G_a — сила тяжести автомобиля; L — база автомобиля; j_z — ускорения замедления автомобиля; b — координата центра тяжести автомобиля до передней оси; h_g — высота центра тяжести автомобиля
17	$M_{\text{вос}} = \frac{0,5 G_a (B - b_{\text{ш}} - e_{\text{см}}) k_{\text{yc}} \omega_{\text{п}} R_{\text{мин}}}{v_{\text{кр}}}$	B — ширина колеи; $b_{\text{ш}}$ — ширина шины; e — координата поперечного смещения центра тяжести от положения равновесия; $e_{\text{см}}$ — величина поперечного смещения центра тяжести; k_{yc} — коэффициент поперечной устойчивости; $R_{\text{п}}$ — радиус поворота автомобиля; $v_{\text{кр}}$ — критическая скорость поворота; $\omega_{\text{п}}$ — угловая скорость поворота

Известно, что энергозатраты на выполнение транспортной работы при движении с грузом намного больше, чем при движении без груза, тогда отношение энергозатрат на выполнение транспортной работы J_s к совершенству конструкции J_k характеризует общее свойство эксплуатационной технологичности конструкции (формула 3). Чем совершеннее конструкция, тем меньше потеря энергии на передвижение. Снижение их зависит также от качества подвески, её определяют по времени затухания $t_{\text{усп}}$ колебаний подвесочной массы, за которое амплитуда колебаний уменьшится до минимальной величины за малый промежуток времени (формула 4). С увеличением срока эксплуатации время успокоения колебаний подвесочной массы возрастает экспоненциально, коэффициент эксплуатационной технологичности подвески снижается.

Если рассматривать конструктивную технологичность транспортного средства с учётом расхода топлива двигателем, выраженного в виде формулы 5, то выявляется совершенство его в целом. С учётом дорожно-климатических условий, используемых передаточных чисел трансмиссии, конструкции подвески, числа слоев корда в шинах и его расположения [1] и других факторов расчёты могут быть более точны. Комплексную оценку конструкции автомобиля можно представить отношением затрат энергии по расходу топлива к затратам на выполнение транспортной работы.

Из табл. 3, в которой приведены основные характеристики транспортных средств по данным, полученным в одинаковых дорожных условиях, видно, что наиболее технологичным транспортным средством яв-

ляется автомобиль КамАЗ-5320, а совершенным по трансмиссии — автомобиль УАЗ-3303. То есть КамАЗ по совершенствованию трансмиссии хуже УАЗа, зато эффективность его использования намного выше, поэтому трудно определить, какой из них более эксплуатационно-технологичен.

С ухудшением теплотворной способности топлива его расход увеличивается, эффективность выполнения транспортной работы и КПД снижаются, двигатель работает в более тяжёлом режиме, износ деталей увеличивается, надёжность работы транспортного средства падает. Таким образом, уточнение эксплуатационной технологичности проводится с одной стороны в условиях эксплуатации, с другой — в условиях производителя, тем самым многие параметры оказываются завуалированы другими величинами. Например, аэродинамические и тормозные свойства, устойчивость движения на поворотах связаны с тягово-скоростными качествами транспортного средства.

Оценка эксплуатационной технологичности транспортных средств по отдельным эксплуатационным, потребительским и экологическим свойствам возможна при условии, когда между двумя переменными существует высокая корреляционная связь, например, между интенсивностью отказов и наработкой в километрах пробега или энергозатратах. Так как между отказами и энергозатратами коэффициент корреляции равен 0,73, а между отказами и пробегом на 37 % меньше, то используем энергозатраты со следующими показателями.

1. Интенсивность отказов (формула 6). При эксплуатации на дорогах повышенной категорийности на 1 км пробега автомобиль ЗИЛ-433360 затрачивает 0,165, КамАЗ-5329 соответственно 0,234 и УАЗ-3303 — 0,114 кВт·ч. Коэффициенты корреляции имеют разброс в пределах 10...15 %.

2. Удельный расход топлива, имеющий экспоненциальную зависимость от пробега и высокую корреляционную связь с энергозатратами.

3. Удельная трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта (формула 7). Зависимость между $T_{\text{то,р}}$, $J(s)$ аналогична с зависимостью от числа отказов.

4. Коэффициент торможения (формула 8). Кинетическая энергия движущихся и вращающихся масс с отключенным двигателем выражена в виде формулы 9. Кинетическая энергия торможения от тормозного ба-

Таблица 3

Автомобиль	Уровень эксплуатационной технологичности, %	Удельная годовая наработка, кВт·ч/ткм	Энергетические показатели	
			совершенства трансмиссии, %	коэффициент использования
УАЗ-3303	72	3,97	0,81	0,64
УАЗ-33036	43	5,55	0,61	0,47
УАЗ-2362	71	3,68	100	0,52
КамАЗ-5320	77	2,5	0,47	0,79

№	Параметры оценки технологичности	Уровень эксплуатационной технологичности автомобилей		
		ЗИЛ-433360	КаМАЗ-5320	УАЗ-3303
1	Интенсивность отказов, отк/кВт·ч	$2,82 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	$2,19 \cdot 10^{-3}$
2	Интенсивность расхода топлива, см ³ /кВт·ч	1,78	1,18	1,47
3	Удельная трудоёмкость ТО и ТР, чел.-ч/кВт·ч	$2,12 \cdot 10^{-2}$	$2,86 \cdot 10^{-2}$	$2,07 \cdot 10^{-2}$
4	Коэффициент торможения	0,99	0,99	0,98
5	Удельная мощность, кВт/кН	9,41	10,3	24,67
6	Интенсивность поворота управляемых колёс, рад/с	0,61	0,227	0,212
7	Коэффициент поперечной устойчивости движения, Нм/Нм	0,46	0,60	0,77

рабана и шины с опорной поверхностью выражена уравнением 10. Площадь контакта колеса с опорной поверхностью принимают $(0,65...0,75)B$, где B — ширина профиля шины. Тормозной момент M_t находят из выражения 11 (геометрические размеры тормозного механизма показаны на рисунках).

5. Удельная мощность (формула 12). Мощность двигателя больше зависит от силы тяжести автомобиля, чем от других показателей.

6. Интенсивность поворота управляемых колёс (формула 13). Показатель чувствительности к повороту определяют отношением усилия на рулевом колесе к углу поворота рулевого колеса, необходимого для включения усилителя рулевого механизма. Усилие на рулевом колесе выражено формулой 14, момент сопротивления повороту колёс — формулой 15, реакция, приходящаяся на управляемый мост автомобиля, — формулой 16.

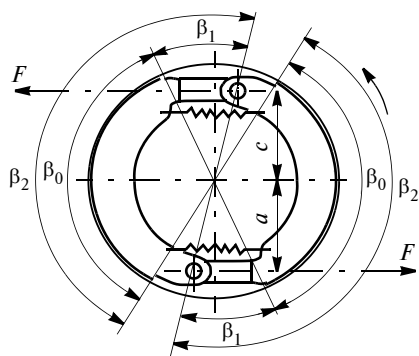


Рис. 1. Расчётная схема переднего тормозного механизма

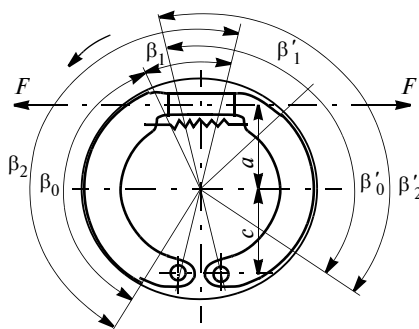


Рис. 2. Расчётная схема заднего тормозного механизма

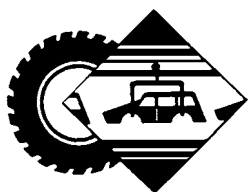
7. Мера поперечной устойчивости движения — величина момента, препятствующего опрокидыванию транспортного средства, которая должна быть равна моменту центробежной силы поворота. Вследствие положения равновесия системы его можно описать формулой 17. Коэффициент запаса поперечной устойчивости движения определяют отношением моментов восстанавливающего к опрокидывающему относительно ребра опрокидывания.

Результаты обработки данных представлены в таблице 4. Как видим, автомобиль КаМАЗ-5320 по основным параметрам превосходит по эксплуатационной технологичности остальные автомобили. Например, интенсивность отказов у него меньше в 2,2 раза, устойчивость движения выше в 1,35 раза. Однако по удельной трудоёмкости технического обслуживания и текущего ремонта его показатели хуже, чем у ЗИЛа в 1,34 раза и в 1,38 раза — чем у автомобиля УАЗ. По устойчивости движения при угле наклона 25° автомобиль ЗИЛ-433360 имеет наибольший запас, а УАЗ-3303 — минимальный. Более устойчивыми оказались все автомобили по тормозным качествам.

Если рассматривать эксплуатационную технологичность по отдельным параметрам в динамике, то уместно использовать нейронную сеть, что потребует дополнительных исследований.

Литература

1. Бакфиш К. Новая книга о шинах [Текст] / К. Бакфиш, Д. Хайкин. М.: ООО "Издательство АСТ", 2003. — 163.
2. Бажанов Ю.В., Бажанов М.Ю. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации [Текст] / Ю.В. Бажанов, М.Ю. Бажанов // *Фундаментальные исследования*. Владимирский государственный университет, 2015, № 4. С. 16—21.
3. Варнаков Д.В. Прогнозирование параметрической надёжности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах [Текст] // *Международный технико-экономический журнал*. 2013. № 3. С. 94—98.
4. Вукопов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов "Statistical и Excel" [Текст]. М.: Форум, 2004. — 464 с.
5. Корещий В.Г. Повышение ремонтной технологичности горно-транспортных машин на угольных разрезах Севера [Текст] / *Автореферат дис. ... канд. техн. наук по ВАК 05.05.06*. Челябинск, 2007.
6. Tjojanowska J., Rajak E. Планирование производства и контроля // *Инновации в управлении и технике*. [Текст]. Изд-во Польского общества по управлению производством Opole 2012.



УДК 621.436

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ НА РЕСУРС ТОПЛИВОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Канд. техн. наук **СВЕЩИНСКИЙ В.О.**
Алтайский завод прецизионных изделий
(v.sveshinsky@azpi.ru)

В работе сделана попытка проверки обоснованности требований к качеству поверхностей стальных бесшовных труб, прописанных в новом российском стандарте ГОСТ Р ИСО 8535-1—2017 и технических условиях ТУ 24.20.13.140-388-00186619—2017 изготовителя трубного проката ОАО "ПНТЗ".

Ключевые слова: топливopроводы, дефекты, качество поверхности.

Sveschinsky V.O. INFLUENCE OF SURFACE DEFECTS ON FUEL PIPES RESOURCE

In the paper an attempt is made to analyze the reasonableness of the requirements to the surface quality of the pipes, spelled out in the new Russian standard GOST R ISO 8535-1—2017 and specifications of the manufacturer of tubular steel products, OJSC "PNTZ".

Keywords: fuel lines, defects, surface quality.

В ноябре 2016 года Международная организация по стандартизации (ISO) выпустила обновлённую версию стандарта ISO 8535-1 [1], оговаривающего требования к стальным бесшовным трубам для одностенных топливopроводов высокого давления двигателей внутреннего сгорания. В 2017 году в России введён в действие аналогичный государственный стандарт ГОСТ Р ИСО 8535—2017, который в силу ряда обстоятельств пока является в большей степени справочным документом, чем руководством к действию. Причин здесь несколько.

Во-первых, в документе отсутствуют указания на взаимосвязь с действующим ГОСТ 11017 "Трубы стальные бесшовные высокого давления. Технические условия" [2]. Одновременное существование двух ГОСТов на однотипные изделия создаёт ситуацию, когда соответствие тому или иному стандарту становится результатом произвольного выбора, что, вероятно, не совсем правильно. Очевидно, что существование нового стандарта обретает смысл только с учётом его ориентации на аккумуляторные топливные системы: для давлений впрыска до 1500 кг/см² вполне достаточно требований, изложенных в ГОСТ 11017—80.

Вторая, ещё более основательная, причина пассивной роли ГОСТ Р ИСО 8535—2017 состоит в том, что, строго говоря, надобность в нём пока отсутствует. Фактически производство стальных бесшовных труб для топливopроводов высокого давления для систем

"коммон рейл" в России сосредоточено в ОАО "Первоуральский новотрубный завод" (ПНТЗ), а крупнейшим и практически единственным потребителем таких труб является Алтайский завод прецизионных изделий (АЗПИ). Есть все предпосылки к тому, что такая ситуация сохранится в ближне- и среднесрочной перспективе. Поставка труб происходит по ТУ 24.20.13.140-388-00186619—2017 "Трубы стальные бесшовные высокого давления для топливopроводов двигателей внутреннего сгорания. Технические условия", разработанным специалистами ПНТЗ на базе действовавшего на момент разработки ТУ стандарта ISO 8535-1:2011, и согласованным АЗПИ. Современная реальность российского машиностроения такова, что ожидать начала производства современного трубного проката для топливopроводов аккумуляторных топливных систем на других заводах так называемой Большой восьмёрки (Волжский, Северский, Альметьевский, Синарский трубный, Таганрогский, Выксунский металлургические заводы) не приходится.

Тем не менее имеет смысл остановиться на таком техническом требовании, как качество поверхности.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 8535—2017 сказано следующее [3]: "Наружная и внутренняя обработанные поверхности труб не должны содержать окалины, ржавчины, трещин, рисок, закатов, раковин и других дефектов". Качество внутренней поверхности нормируется в зависимости от группы: допускаемая глубина дефектов составляет от 0,01 мм (группа "О") до 0,13 мм (группа "S"). Как отмечено выше, ГОСТ Р ИСО 8535—2017 идентичен международному стандарту ISO 8535-1:2016. Это относится и к требованиям к качеству поверхности. В ТУ 24.20.13.140-388-00186619—2017 требования к качеству внутренней поверхности труб соответствуют группе S стандарта ISO 8535-1:2006. При этом требования к наружной поверхности, заложенные в ТУ, более близки к нормам, прописанным в ГОСТ 11017—80: "На наружной поверхности труб допускаются: окисная плёнка, не препятствующая осмотру, отдельные вмятины, мелкие риски и царапины, следы правки труб и местной зачистки при условии, что глубина их не должна превышать 0,05 мм".

На практике возможны случаи, когда, кроме рисков и царапин, на наружной и внутренней поверхностях труб присутствует так называемый дефектный — частично или полностью обезуглероженный слой, толщина которого может достигать 0,5 мм. Причиной его возникновения является нарушение технологических параметров на операциях термической обработки проката, например, из-за разгерметизации камер с защитной атмосферой и последующий подсос воздуха или изначальное нарушение состава защитной атмосферы.

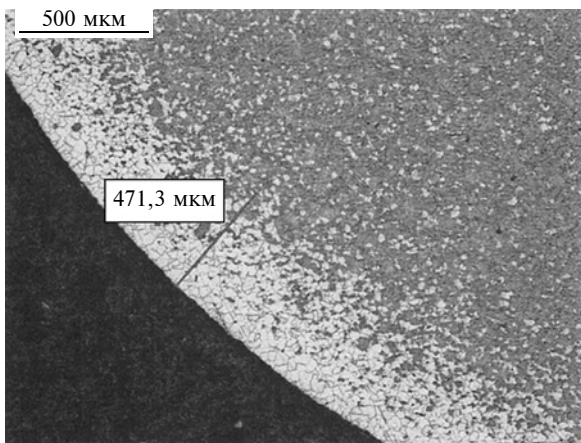


Рис. 1. Обезуглероженный слой на наружной поверхности трубы ($\varnothing 8$ мм, увеличение $\times 50$)

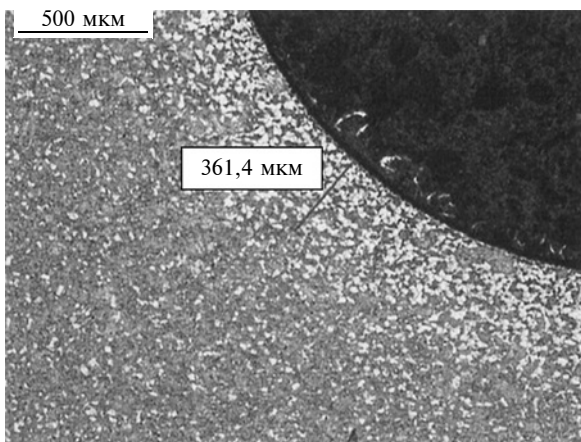


Рис. 2. Обезуглероженный слой на внутренней поверхности трубы ($\varnothing 3$ мм, увеличение $\times 50$)

В результате возникает спорная и даже конфликтная ситуация между поставщиком проката и потребителем, когда дискутируются вопросы: считать ли обезуглероженный слой дефектным, если в нормативном документе в явном виде не упоминается обезуглероженность поверхности, а говорится лишь о термообработке в защитной атмосфере; и какая величина слоя критична, а какая может быть допущена на топливопроводах систем "коммон рейл"?

Если на первый вопрос существуют вполне определённые (и часто различные) мнения специалистов, то ответ на второй вопрос долгое время отсутствовал. Очевидно, что определяющим тут являются эксперимент — испытания труб с различными дефектами на прочность и ресурсные показатели.

Исследования топливопроводов, изготовленных из трубы 8хвн.3 ТУ24.20.13.140-388-00186619—2017, показали следующее: на внутренней и наружной поверхностях трубы имеется обезуглероженный слой толщиной до 0,47 мм. Кроме этого, присутствуют дефекты в виде тонких продольно ориентированных несплошностей различной протяжённости глубиной до 0,04 мм. (Фотографии шлифов приведены на рис. 1—3.) С формальной точки зрения, такие трубы можно признать несоответствующей продукцией.

В ходе гидравлических испытаний топливопроводов на установке типа "Максиматор" было определено, в частности, давление разрушения. При линейном изменении нагрузки со скоростью $815,76 \text{ (кг/см}^2\text{)/с}$ оно составило для испытанных образцов от 7939 до 8396 кг/см^2 .

Номинальное давление в топливной системе, для которой предназначены данные топливопроводы, составляет 1600 кг/см^2 . Если считать условия нагружения при определении давления разрушения квазистатическими, следует признать, что трубы с указанными поверхностными дефектами на наружной и внутренней поверхностях имеют пятикратный запас прочности. Влияние реальных условий работы топливопровода, очевидно, приведёт к уменьшению запаса прочности. До какой величины?

Топливопроводы установили на стенд, где выполняется обкатка форсунок (рис. 4). Давление в системе — 1600 кг/см^2 . Частота срабатываний управляющих клапанов форсунок — 3200 мин^{-1} . Температура наружных поверхностей топливопроводов, измеренная во время испытаний, составляла $65 \text{ }^\circ\text{C}$. При установке на стенд топливопроводы были дополнительно преднамеренно деформированы с нарушением технологичес-

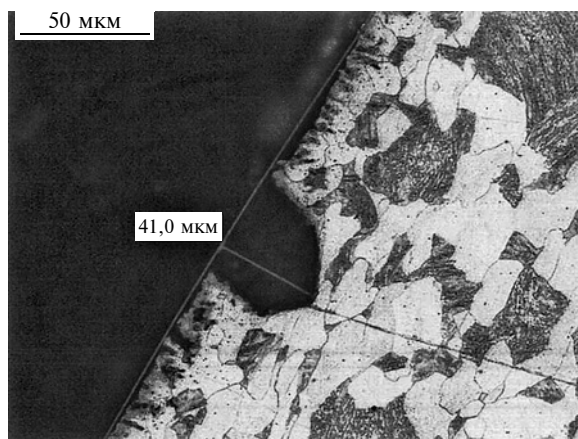


Рис. 3. Вид дефектов на внутренней поверхности трубы после травления ($\varnothing 3$, увеличение $\times 500$)

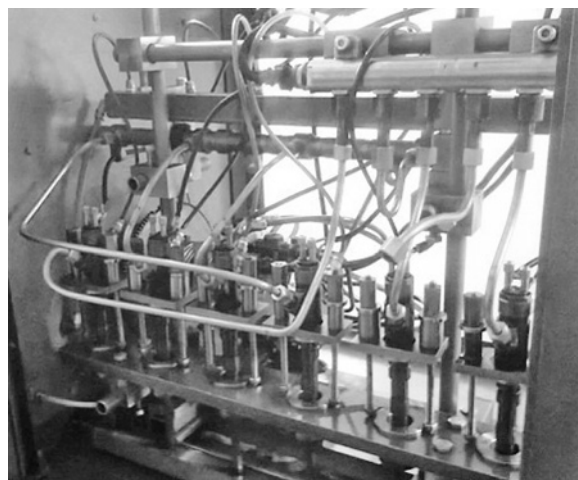


Рис. 4. Общий вид обкаточного стенда с установленными топливопроводами высокого давления

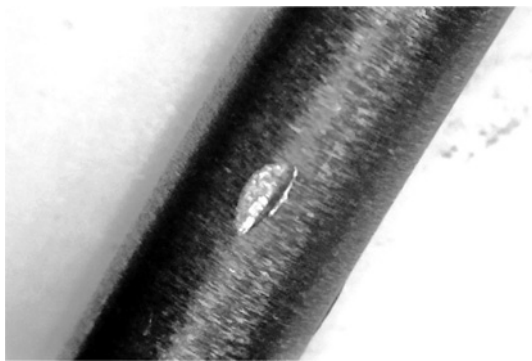


Рис. 5. Топливопровод высокого давления с искусственной забоиной на наружной поверхности

ких норм: на наружной поверхности были искусственно созданы дефекты в форме забоин глубиной до 0,8 мм (см. рис. 5).

Топливопроводы отработали без замечаний 1200 часов, после чего были сняты для проведения металлографических исследований. Полученная наработка является частичной, т. е. не соответствует наработке на отказ. Учитывая, что серийно выпускаемых четырёхтактных дизелей с частотой вращения $3200 \times 2 = 6400$ в России на сегодняшний день нет, полученная наработка соответствует 2400 моточасам работы двигателя на номинальном режиме. Если объектом, где установят систему с такими топливопроводами, будет автомобиль, наработку в 2400 часов можно интерпретировать как условный пробег 120 000 км. Для тракторных двигателей удобно использовать такое понятие, как сложный отказ. Нормативная годовая наработка трактора составляет 1012 моточасов [4], при этом средняя наработка на сложный отказ для отечественных тракторов не превышает 2000 моточасов [5]. Можно констатировать, что топливопроводы, изготовленные из трубного проката ПНТЗ, по крайней мере, не станут компонентом, уменьшающим среднюю наработку трактора на сложный отказ.

Естественно, вышесказанное нельзя безоговорочно распространять на трубы всех типоразмеров и топлив-

ные системы с любым номинальным внутренним (системным) давлением. Проведённые опыты касались стальных труб 8хвн.3 из стали Т22 (маркировка ПНТЗ), из которых были изготовлены топливопроводы для работы в составе системы с давлением 1600 кг/см². Даже при этих исходных данных, для получения более полной картины, имеет смысл провести длительные испытания топливопроводов в составе транспортного средства. Результаты могут дать интересную информацию и стать основанием для обоснованного назначения технических требований к трубному прокату. Такие работы запланированы и будут проведены.

Основной вывод, который можно сделать из полученных результатов, состоит в том, что в технические требования, регламентированные действующими в настоящий момент нормативными документами — будь то технические условия поставщика или государственный стандарт — взяты из базового международного стандарта без необходимой проверки и корректировки — как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Расчётного или экспериментального обоснования большинства этих требований в России пока не делалось, это, как отмечалось выше, задача ближайшего времени.

Автор выражает признательность инженеру И.С. Шахуриной за помощь в проведении работ

Литература

1. ISO 8535-1:2016 Diesel engines — Steel tubes for high-pressure fuel injection pipes — Part 1: Requirements for seamless cold-drawn single-wall tubes
2. ГОСТ 11017—80 Трубы стальные бесшовные высокого давления.
3. ГОСТ Р ИСО 8535-1—2017 Двигатели дизельные. Стальные трубы для топливопроводов высокого давления. Часть 1. Требования к бесшовным холоднодеформируемым трубам. — М.: Стандартинформ, 2017. — 16 с.
4. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (мтс). — М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2001. — 190 с.
5. Мониторинг надёжности тракторов высокой мощности для села. — URL: <https://os1.ru/article/4969-monitoring-nadezhnosti-tractorov-vysokoy-moshchnosti-dlya-sela> (дата обращения: 30.10.2018).

УДК 656.13:05.22.10

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕДУЩЕГО ВАЛА РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ

ДУБОВИК Е.А.

Донской ГТУ (+7.863.273-85-11)

Рассматривается технология восстановления детали "ведущий вал" раздаточной коробки автомобиля УАЗ-3151.

Ключевые слова: автомобиль, ведущий вал, восстановление, напыление.

Dubovik E.A.

RESTORING THE TRANSMISSION BOX DRIVE-SHAFT

The technology of restoration of a detail "driving shaft" of a transfer case of change of transmissions of the car UAZ-3151 is considered.

Keywords: car, drive shaft, restoration, spraying.

Одним из основных условий, определяющих качество работы ведущего вала раздаточной коробки, является гарантированный зазор между опорными шейками вала и рабочими поверхностями втулок подшипников. При точном центрировании вала и высокой виброустойчивости назначают посадки, обеспечивающие малый зазор в соединении деталей. Осевое перемещение вала, смонтированного на опорах, возникает из-за зазоров между торцами опор вала или деталей, сидящих на нём, из-за перпендикулярности торцевых поверхностей опор и самого вала.

Требуемые зазоры между торцами опор и вала достигаются регулированием при сборке. Поэтому для линейных размеров валов и деталей опор устанавливают довольно широкие допуски. Для лёгкого вращения вала на опорах в подшипниках должен быть обеспечен

печен радиальный зазор порядка 5...15 мкм. Неправильно установленный зазор часто служит основной причиной преждевременного износа подшипников, шестерён и валов. Нарушение кинематической точности и плавности работы зубчатых колёс проявляются в несогласованности поворотов колёс, вследствие чего возникают вибрации и шум при работе.

Чтобы при работе зубчатых колёс не происходило их заклинивания вследствие разогрева, между рабочими поверхностями должен быть гарантирован боковой зазор в пределах 0,15 мм. Допустимый зазор между шестернями II и III передачи на ведомом валу должен составлять 0,5 мм. Зазоры в радиальных шарикоподшипниках рассчитываются по формуле $a \approx 12 \cdot 10^{-6} t_1 + 0,15$ мм и в зависимости от длины вала и максимально возможного перепада температуры составляют 0,5...1 мм.

Конструкция детали может считаться технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление и ремонт этой детали. Все обрабатываемые поверхности должны быть доступны для механической обработки. Исходная заготовка — иметь ферму, близкую по форме и размерам к готовой детали, что увеличивает коэффициент использования материала и сокращает объём механической обработки. Конфигурация детали и наличие унифицированных поверхностей позволяют применить совершенные и высокопроизводительные методы механической обработки. Технологичность конструкции детали может быть

объективно оценена путём расчёта количественных показателей технологичности по ГОСТ 14.201—83, ГОСТ 14.204—73.

Основными показателями технологичности конструкции являются коэффициенты: унификации (формула 1 в таблице), точности обработки (формула 2) и шероховатости (формула 3).

При определении последовательности выполнения технологических операций восстановления необходимо в первую очередь планировать операции предварительной обработки, при выполнении которой возможен дальнейший процесс восстановления. Первыми технологическими операциями должны быть операции, где происходит формообразование поверхностей (токарные, фрезерные операции). Затем обрабатываются остальные поверхности и поверхности, требующие дополнительной обработки для достижения повышенной точности. В последнюю очередь необходимо обработать самые точные поверхности с минимальной шероховатостью на чистовых и отделочных операциях.

При данном типе восстановления детали, маршрутный техпроцесс составляется по следующим основным технологическим операциям процесса газотермического напыления.

После разборки детали поступают в моечное отделение, где их очищают моющим раствором, дефектуют и отправляют в цех (участок, отделение) напыления. Для устранения дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации и придания правильной геометрической

№	Формула	Примечания
1	$K_{y.э} = \frac{N_y}{N_0}$	N_y — число унифицированных элементов; N_0 — общее количество обрабатываемых поверхностей
2	$K_T = \frac{1}{A_{cp}}$	$A_{cp} = \frac{\ln_1 + 2n_2 + \dots + n_i}{N_0}$ — средний квалитет точности
3	$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}$	$B_{cp} = \frac{0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + n_i}{N_0}$ — среднее арифметическое значение шероховатости обрабатываемых поверхностей по параметру R_a
4	$T_{ш} = (T_o + T_{в1} + T_{в2} + T_{в3}) \times [1 + 0,01(a_{об} + a_{отл})]$	$T_{в1}$ — вспомогательное время, связанное с осмотром и протиркой поверхности детали перед напылением; $T_{в2}$ — вспомогательное время, связанное с обезжириванием поверхности детали растворителем перед напылением; $T_{в3}$ — вспомогательное время, связанное с установкой, поворотом и снятием детали
5	$T_o = [6\pi d(L + y)hi\gamma]/(10^5 q K_H)$	d — диаметр напыляемой поверхности, мм; L — длина напыляемой поверхности, мм; y — перебеги металлатора (0,8 мм при $L = 50$ мм; 0,4 мм при $L = 50...100$; 0,3 мм при $L = 100...200$; 0,2 мм при $L = 200$ мм и более), мм; h — толщина напылённого слоя (при $d < 50$ мм $h = 1,2...1,3$ мм, при $d = 50...100$ мм $h = 1,4...1,7$ мм, при $d > 100$ мм $h = 1,8...2,7$ мм), мм; γ — плотность напылённого металла, г/см ³ ; i — число проходов (определяется толщиной напылённого слоя и тем, что нагрев поверхности детали не должен превышать 80...90 °С); q — производительность металлатора, кг/ч; K_H — коэффициент напыления, зависящий от диаметра напыляемой поверхности
6	$a_v > a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_v) > \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_\mu);$ $a_v \sim a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_v) = \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_\mu)$	α_i — коэффициенты, удовлетворяющие, например, условию $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$
7	$J(B) = \sum_{r=1}^{p-1} \sum_{k=r+1}^p [d_{rk}(B) - q_{rk}]^2$	—

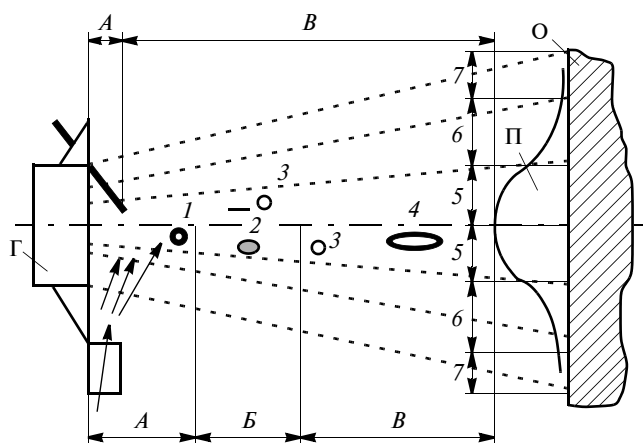


Схема процесса газотермического напыления:

А — область нагрева исходного материала до начала плавления; В — область нагрева до полного плавления; В — область движения частиц материала в расплавленном состоянии (возможны перегрев, испарение); Г — распылительная газотермическая головка (горелка); О — основа; П — покрытие; 1 — твёрдая частица порошка; 2 — частица, расплавленная не полностью; 3 — расплавленная частица (капля); 4 — испаряющаяся (перегреваемая) капля (частица); 5 — центральное пятно; 6, 7 — среднее и периферийное кольца пятна напыления

формы изношенным поверхностям деталей они подвергаются механической обработке, в том числе специальной (нарезка "рваной" резьбы, фрезерование канавок, насечка поверхностей, накатка резьбы роликом). При нанесении всех покрытий перед струйной обработкой поверхность детали обезжиривают органическими растворителями, моющими средствами и т.д. Чугунные детали, кроме обезжиривания, подвергают обжигу при температуре 260...530 °С для выгорания масла, содержащегося в порах. С целью активации поверхности и придания ей шероховатости поверхность деталей подвергают струйной обработке. Поверхность деталей, не подлежащая напылению при струйной обработке, должна быть защищена. После обработки детали обдувают сухим сжатым воздухом для удаления частиц абразива с поверхности.

Операция напыления производится сразу же в течение 10...15 мин. В качестве плазмообразующих газов используют аргон или азот. Для предотвращения перегрева изделий и окисления покрытий применяют охлаждение. В процессе напыления при необходимости задействуют систему охлаждения изделий. Необходимую толщину получают многократным повторением напыления. После напыления изделие снимают с приспособления, не допуская повреждения покрытия. Экран-маски и другие защитные приспособления снимают после охлаждения до комнатной температуры изделия с покрытием, чтобы не повредить его. Окончательная обработка деталей с нанесённым покрытием производится на шлифовальных или токарных станках.

Детали с покрытием подвергаются контролю по внешнему виду, толщине, геометрическим размерам. Контроль по внешнему виду производится с целью выявления внешних дефектов — сколов, вздутий, шелушения и др. Осмотр производится с помощью лупы.

Принципиальная схема газотермического напыления показана на рисунке. Верхняя его часть показы-

вает распыление проволочного материала, нижняя — напыляемого порошка. Проволочный материал поступает в высокотемпературный поток газов в расплавленном состоянии, при напылении из порошков — в твёрдом состоянии. Частица порошка (на участке А) нагревается до температуры плавления. На участке В частицы плавятся и превращаются в жидкие капли металла. При движении жидких капель может происходить перегрев и частичное испарение капель. Струя сжатого воздуха (или другого газа-носителя) распыляет каплю расплавленного металла на мельчайшие частицы, сообщает им значительные ускорения, под действием которых происходит разгон частиц, формирование распылённых частиц по величине и конфигурации. В полёте частицы распределяются в определённом порядке по сечению струи.

Наиболее интенсивное напыление происходит по центру потока, где сосредотачиваются самые крупные фракции наименее окисленных распылённых частиц. Основная масса напыляемого материала поступает в пятно 5, где достигаются наилучшее сцепление с основой, минимальная пористость и окисление частиц. В наружной части факела (кольцо 7) материал напыляется с минимальной скоростью, при этом образуется окисленный слой частиц с высокой пористостью и плохим сцеплением с подложкой.

Жидкие или пластифицированные частицы с поверхностной плёнкой частично разрушаются при столкновении с обрабатываемой поверхностью. При ударе капли разрушается и окисная пленка, происходит частичное разбрызгивание жидкого ядра. Частицы, отвердевшие до удара, не разрушаются. Такая схема формирования покрытия приводит к появлению в нём микропустот и микропор, образованных газовыми пузырями. Так как напыление покрытия осуществляется на практически холодную подложку, при охлаждении капля (частиц) напыляемого слоя в них возникают внутренние ("усадочные") напряжения.

Операционные (промежуточные) припуски и размеры определяются на тех поверхностях, обработка которых осуществляется более чем за один переход. Без их определения невозможно правильно назначить размеры, обрабатываемые на отдельных операциях и технологических переходах, предшествующих окончательной обработке. Без определения максимальных промежуточных припусков нельзя правильно назначить глубину резания, что особенно важно для черновых переходов, так как режимы обработки, стойкость инструмента, производительность и энергозатраты во время механической обработки зависят от этого параметра.

Расчёт припусков и операционных размеров производится в направлении, обратном направлению обработки (от обработанной поверхности к исходной заготовке). Так как восстановление поверхностей с помощью механической обработки происходит за одну операцию (шлифование), и не имеет промежуточных значений обработки, то расчётом припусков и операционных размеров можно пренебречь. В данном случае более важно рассчитать величину напыления на изношенные поверхности, которая в таком случае прямо

пропорциональна сумме величин изношенной поверхности и величины припуска на шлифование (200 мкм). Таким образом, величина напыления на поверхность определяется для каждой детали отдельно на этапе дефектации деталей. Максимальная величина напыления, согласно требованиям, предъявляемым к деталям, подлежащим восстановлению, составляет 500 мкм.

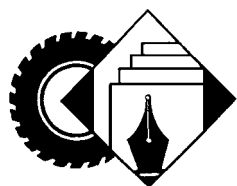
Нормирование технологического процесса напыления детали происходит в следующей последовательности. Штучное время газотермического напыления определяют по формуле 4 (см. таблицу). Основное время при механизированном напылении материалов — по формуле 5. В соответствии с реализующим её критерием вида [1] "лучшим" по критерию восстановле-

ния вала раздаточной коробки УАЗ признается критерий восстановления, имеющий максимальное значение показателя по формуле 6.

Оценить технологический процесс восстановления вала можно с помощью функционала [1], входящего в интегральный показатель достаточности, когда информация об объекте исследования является недостаточной (формула 7). Алгоритм поиска интегрального показателя достаточности реализован на ЭВМ ЕС-1841 в виде экспертной программы "Выбор".

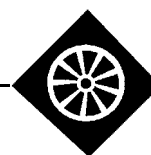
Литература

1. Мучник И.Б., Ослон А.А. Методы построения интегрального показателя (обзор) // А и Т ("Автоматика и Телемеханика"), 1984, № 10. С. 5—23.



ИНФОРМАЦИЯ

Из истории отечественного автомобилестроения



ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ ПРИ СОВРЕМЕННОЙ ПОЛИТИКЕ МИНПРОМЭНЕРГО*

КЭИ АМАМУРА, бизнес-экономист,
аналитик по индустриальным вопросам

1. Стратегия Христенко — стратегия деградации

19 мая (2015 г.) Правительство РФ приняло стратегический документ о развитии автомобильной промышленности России до 2010 г. Документ, представленный Минпромэнерго, скромно назывался "О реализации... приоритетных задач, предусмотренных Концепцией развития автомобильной промышленности России", но он является самым настоящим стратегическим документом, наконец фиксирующим судьбу этой важнейшей отрасли современной машиностроительной индустрии страны. На мой взгляд, он поставил крест на национальной автомобильной промышленности России. К 2010 году, когда "задачи", предусмотренные документом, будут выполнены, в России не останется собственной автопромышленности. Более того, почти наверняка не останется вообще никакой автомобильной промышленности, достойной названия "промышленности". Хотя, автомобили как товары будут "выпускаться". Многочисленные слайды с графиками и таблицами, представленные на заседании Правительства министром Христенко, по своей должности обязанным защищать промышленность, недвусмысленно показали, что в России рынок легковых автомобилей расширится, а автомобилестроение как промышленность исчезнет.

В настоящее время в России существует более 250 крупных и средних предприятий отрасли, на которых работает 658 тыс. человек. На их долю приходится около 25 процентов всего машиностроительного комплекса страны. В 2004 году в России было продано всего 1673 тыс. легковых автомобилей. Из

них 625 тыс. машин — иномарки (новые и подержанные). Российскими автозаводами были выпущены 1035 тыс. штук. Эта цифра включает 129 тыс. машин, собранных на совместных предприятиях из импортных комплектующих. Практически ничего из этого не останется после 2009 года, согласно стратегии Минпромэнерго.

Как известно, в этом году выпуск российских автомобилей драматически падает. В первом квартале их производство было сокращено до 200 тыс. с 232 тыс. к соответствующему периоду 2004 г. Этому есть две причины, краткосрочная и долгосрочная. Краткосрочной причиной является укрепление рубля и падение конкурентоспособности российских автомобилей, а долгосрочной причиной является отсутствие серьезного финансирования для модернизации действующих заводов. Дела действительно плохи. Министр Христенко заключает: "Существенный рост производства легковых автомобилей без масштабных инвестиций, на основе действующих мощностей российских предприятий затруднителен в связи с высокой степенью их износа, недостаточным качеством большей части продукции". Слова просты до циничности. Логичный вывод — эти предприятия неперспективны.

Зато документ Минпромэнерго предусматривает увеличение выпуска иностранных машин в России. И для этой цели правительство России должно принять ряд поощрительных мер. Первый шаг в этом направлении уже был осуществлен. В конце апреля правительство решило снизить импортные пошлины на автомобильные комплектующие и детали.

Если бы после этого иностранные автогиганты стали осуществлять масштабные инвестиции для создания в России автомобилестроения как промышленности, с передачей технологий, созданием баз технических разработок и самое главное, созданием смежных отраслей, а не просто строить цеха для сварки, покраски и сборки, то в этом случае не за что было бы критиковать стратегию российского правительства. А на самом деле таковое вряд ли произойдет. Посмотрим подробнее.

2. Полагаться только на иностранные корпорации

Полагаться на иностранные компании — это самая характерная особенность рассматриваемой стратегии. В ней предусматривается, что к 2009 году на территории России будут работать 6 автосборочных заводов (компании) преимущест-

* Опубликовано Аналитическим агентством "Автостат" 27.09.2005. <http://old.autostat.ru/Old/parts.asp?Sect=360&Art=2893>

венно с иностранным капиталом и в иностранном владении. Наименования компаний, предполагаемые модели и стартовые мощности указаны следующие: "GM-АвтоВАЗ" ("Шевро-Нива") — 100 тыс. шт.; ТагАЗ ("Хёндэ Акцент") — 120 тыс. шт.; "Форд" ("Фокус") — 60 тыс. шт.; "Автофрамос" ("Рено Логан") — 60 тыс. шт.; "Тойота" ("Камри") — 50 тыс. шт.; "Фольксваген", "Даймлер-Крайслер"-?... (По материалам Минпромэнерго, подготовленным к заседанию Правительства согласно сообщениям СМИ.)

В результате увеличения производственной мощности параллельно с расширением внутреннего рынка сбыта эти компании должны выйти к 2010 году на совокупный годовой выпуск 1050 тыс. шт. легковых автомобилей. Чтобы облегчить это, правительство должно освободить эти иностранные компании от импортных пошлин на автокомпоненты. Кроме сборки в России предполагается импорт иномарок в количестве 550 тыс. шт. Если к 2010 г. общий объём рынка возрастёт, как предполагает Минпромэнерго, до 2700 тыс. шт., то баланс будет заполняться производством "российских моделей". Очевидно, практически речь идёт только об одном "АвтоВАЗе". При этом стратегия правительства предполагает только использование действующих мощностей. То есть сохранение "АвтоВАЗа" как национальной автомобильной корпорации не является стратегической задачей.

3. Самообман концепции "промышленной сборки"

Если бы в документе описывали процесс выбывания национальных компаний в пользу иностранных, то это вызвало бы возмущение российской элиты. Чтобы успокоить "патриотов" разработчики стратегии ввели в неё оригинальный термин "промышленная сборка". Упомянутое выше освобождение от импортных пошлин на автокомпоненты может распространяться только на промышленную сборку. Этим самым правительство оттесняет ныне популярную отвёрточную сборку иномарок.

Кроме того, чтобы получить пошлинные льготы, компании должны отвечать определённым нормам локализации. Так, "промышленные сборщики" должны организовать сварку, окраску и сборку кузова не позднее чем через 18 месяцев для действующих предприятий (т.е. для тех, кто сейчас занимается только отвёрточной сборкой), и не позднее чем через 30 месяцев для вновь создаваемых производств. Далее, через 24 месяца после этого, предприятие должно сократить ввоз автокомпонентов не менее чем на 10 % от их стоимости, с последующим сокращением через 42 месяца ещё на 10 % и через 54 месяца ещё не менее чем на 10 %. По замыслу разработчиков стратегии, иностранные автомобильные компании покорно начнут искать сотрудничество с российскими изготовителями автокомпонентов. Так как технический уровень российских подрядчиков чаще всего не соответствует мировым требованиям, иностранцы будут либо обучать российских изготовителей, передавая им современные технологии и оборудование, либо привезут из-за границы своих поставщиков компонентов строить заводы компонентов — так рассуждают разработчики стратегии. Таким образом, по гениальной идее "промышленной сборки", в России появятся не только современные сборочные цеха, но также и современное производство автокомпонентов. К сожалению, шанс реализации такого сценария минимален. Вот почему.

Локализацию предполагается повышать по 10 процентов через 24 месяца после наладки сборки (что должно быть сделано через 30 месяцев) и далее ещё через 18 и 12 месяцев соответственно. Пройдёт всего 84 месяца, или 7 лет. Это означает, что если в этом году приступить к строительству завода, то к 30-процентному уровню локализации требуется выйти к 2012 году. Надо сказать, что это очень много времени и очень низкий уровень. Тем более, если Россия в скором времени (предположительно в 2006 году) вступит в ВТО, то она должна через 7 лет после вступления снизить импортные пошлины на автокомпоненты до уровня менее 10 %. Тогда уже льготные ставки пошлины не будут иметь смысла. Более того, проценты локализации исчисляются из общей стоимости компо-

нентов кроме кузова. При этом от инокомпаний не требуется локализовать весь процесс изготовления кузова. Штамповку и механическую обработку деталей кузова они вправе осуществлять вне России.

4. Автокомпонентная промышленность России скорее всего погибнет

Не стоит напоминать, что современные легковые автомобили состоят, помимо конструктивных компонентов, ещё из множества высококачественных, технологичных, высоконадежных компонентов. В их объём входят такие детали, как микродвигатели, свечи, электронно-регулируемые насосы топливного инжектора, клапаны, гидравлика, регуляторы, радиаторы, всевозможные датчики и сложные силовые агрегаты. Кроме того, современные классные автомобили немислимы без сложной электроники и средств связи.

На рубеже 90-годов Россия отставала в этих областях от передового мирового уровня, грубо говоря, лет на десять. Помнятся попытки "Внешторга" закупить оборудование для изготовления современной автотрансмиссии, многоклапанных двигателей и даже поршневых колец высокой износостойкости. Ничего не получилось. Пока велись переговоры, СССР распался.

При условиях локализации, предусмотренных стратегией, российская автокомпонентная промышленность могла бы поставлять для собираемых в России иномарок в основном металлические и пластмассовые отливки, стекла и некоторые другие. Все остальное, как правило, будет ввозиться из-за границы. А надежда, что иностранные сборщики привезут с собой поставщиков компонентов с инвестициями в Россию, тщетна. Во-первых, стратегия даёт слабую мотивацию для этого. Но более серьёзная причина заключается в следующем.

В условиях жёсткой конкуренции по качеству и себестоимости для ответственных производителей компонентов масштаб их производства, обеспечивающий рентабельность, составляет порядка 1 млн штук в год по каждой номенклатуре. В стратегии правительства предполагается 2-миллионный рынок легковых автомобилей в России к 2010 году. Чисто заключительно, в каждой номенклатурной группе компонентов 1, максимум 2 поставщика для всех сборочных компаний могли бы работать с рентабельностью в каждой номенклатурной группе компонентов. Однако стратегия предусматривает делить этот рынок на 6—7 сборщиков. В этих условиях сборочным компаниям выгоднее импортировать свои компоненты от своих привычных поставщиков. Картина была бы другая, если на российском рынке предполагались бы не 6—7, а максимум 2 сборщика.

Сами российские изготовители компонентов не в силах самостоятельно осуществлять инвестиции для модернизации. О принципиальных трудностях модернизации Заволжского моторного завода, главного в России изготовителя автомобильных двигателей, "Взгляд из Японии" уже написал ("Казус экономической политики").

Если не российское правительство, никто не станет организовывать производство современных автокомпонентов в стране. Но оно от этой роли отказывается.

Если в России не появится современной компонентной базы, а так будет почти наверняка, российской автопромышленности, если даже она пожелает остаться на рынке, придётся только импортировать компоненты зарубежного производства. Но, выпускаться-то будут какие машины, российские или иностранные? И будут ли эти машины конкурентоспособны на внутреннем рынке? Ответ, скорее всего, отрицательный.

5. Общая оценка стратегии

Миф о передаче технологии

Разработчики стратегии необоснованно надеются на передачу технологии от пришедших в Россию иностранных компаний. Передача технологии служит практически единственным оправданием принятой правительством стратегии. Без неё она выглядела бы абсолютно "антинародной". Разговор

о передаче технологии создаёт видимость, как будто Россия приобретает современные технологии, которые она могла бы использовать для самостоятельного развития автомобильной промышленности. Однако можно уверенно сказать, что это не произойдёт.

О технологии в автомобильной промышленности следует говорить в двух аспектах: проектирование новых моделей самих автомобильных шасси и область усовершенствования компонентов. Как мы уже видели, иностранные компании будут заниматься сборкой тех моделей машин, которые разработаны вне России на компонентах и деталях, стоимость которых превышает 70 % от общей стоимости машины. Автокомпонентная промышленность России не выживет.

Если учесть высокий интеллектуальный потенциал России, можно предположить, что отдельные учёные и инженеры будут приглашены в исследовательские центры инокомпаний, отдельные группы инженеров и лаборатории будут получать заказы на разработку кое-каких фрагментов технологий, но это не меняет общую обстановку. Ведь промышленные технологии немислимы при отсутствии самой промышленности.

Приговор к смерти с рассрочкой

Стратегия оптимистически предполагает, как будто само собой разумеющееся, что в 2010 году на рынке останется российская национальная автомобильная компания, которая якобы будет выпускать в данном году более 1 млн. штук машин. Речь, безусловно, идёт об АвтоВАЗе. Однако сам завод уже заявил, что после 2009 года он уже не сможет продолжать выпуск собственных моделей легковых автомобилей и придётся перейти, в лучшем случае, к моделям GM. В этом случае, как мы уже видели, завод вынужден будет работать на импортных компонентах, т.е. на равных условиях с иностранными компаниями-сборщиками в России. Стратегия не ставит целью сохранение этой национальной компании как таковой, а предлагает лишь использовать имеющееся оборудование. Вероятнее всего, эта компания превратится в ещё одного "сборщика".

Так что не будет преувеличением сказать, что 2010 год будет годом окончательной гибели российской национальной автомобильной промышленности, и возможно, автомобильной промышленности вообще в России. В этом смысле можно назвать стратегию "приговором российской автопромышленности к естественной смерти с рассрочкой на 5 лет".

Пораженчество

Удивляет полное пораженчество. Внимательно следя за процессом разработки и принятия стратегии, я не могу освободиться от впечатления, что её разработчики изначально отказались от идеи возрождения российской автопромышленности при помощи промышленной политики правительства, а имели целью отдать весь российский автомобильный рынок иностранным компаниям. В первоначальном проекте документа, разработанном у Г. Грефа, даже отсутствовали те слабые рычаги для локализации, а просто предполагалось открыть двери на ввоз компонентов без пошлин. В ведомстве В. Христенко ввели нормы локализации, кажется, для утешения отчаянных защитников национальной автопромышленности, зная при этом, эти рычаги, скорее всего, не будут давать желаемый эффект.

Не могу отказаться от подозрения, что первоначальный проект стратегии был написан пером международных консультантов, которых судьба национальной промышленности России и её 650 тыс. сотрудниковнисколько не беспокоит.

Ведь могли бы идти по другому пути — более сложному и трудоёмкому, но все же возможному. Правительству следовало бы объединить 4 ныне существующие российские автокомпании в одну, на её базе создать СП с одним или двумя ведущими иностранными компаниями, создавая максимально выгодные для СП налоговые и рыночные условия и держа удары со стороны ВТО несколько лет.

На самом деле правительство России выбрало другой путь — административно более простой и в глазах Запада более сим-

патичный. Существование в России 6—7 компаний говорит только об одном. Ни для одной из них масштаб рынка недостаточен с точки зрения создания настоящей производственной базы в России. Поэтому каждая компания будет заниматься сборкой на ввозимых компонентах. Это приведёт к неизбежной гибели национальной автомобильной промышленности России. Но это не какой-нибудь сговор западного капитала, а просто приспособление с их стороны к тем условиям бизнеса, которые само правительство России создаёт для иностранных инвесторов. Такая ситуация и такая политика скорее похожи на какую-нибудь развивающуюся страну, которая изначально не имела никакой современной индустрии, в том числе автомобильной. Не понятно, зачем Россию приравнивали к ним.

6. Кто следующий?

России, больше чем какой-либо стране, была необходима продуманная промышленная политика. Трансформация от государственной монополии к частнособственнической экономике в таком огромном масштабе, да и при наличии опаснейшего соблазна опираться на легкодоступные природные ренты изначально требовала самого разумного, что могло быть на свете осознанного управления этим сложнейшим процессом. После олигархической и псевдолибералистской анархии эпохи Ельцина появилась надежда на восстановление инициативы государства при Путине. Все ждали, пока он восстанавливал элементарное функционирование власти. Но, и дальше ничего существенного не произошло, разве что укрепление бюджетной дисциплины. Хотя общее оживление и рост экономики стимулировали инвестиции в тех областях машиностроительной промышленности, которые были связаны непосредственно с сырьевыми отраслями, но не было существенных сдвигов в сторону модернизации как структуры промышленности в целом, так и в отдельных, самых перспективных отраслях машиностроения, как электронной, информационной, биохимической промышленности и в области микромеханики и мехатроники.

Когда в 2003 и 2004 годах в своём послании Федеральному Собранию Президент заявил о намерении начать промышленную политику для преимущественного развития высокотехнологических отраслей промышленности, создалось ощущение, что наконец пришло желанное время. Нынешний год является фактически первым годом инициирования серьёзной промышленной политики государства.

И Россия получила то, что мы видели в этой статье. Вместо стратегии возрождения приговор к смерти. Скажут, что было уже поздно, слишком долго не инвестировали и всё развалино. Лучше старое снести и на его месте строить заново. Если такое рассуждение верно, то только наполовину. А кто долгое время — уже прошло 5 лет после того, как пришёл Путин к власти — оставял промышленность брошенной? Кто так нетактично открывал российский рынок иностранным поставщикам, ничего не требуя от них взамен за доступ к рынку? Кто вёл переговоры по ВТО, не готовя параллельно собственную промышленность к ожидаемой жёсткой конкуренции? Ведь деньги-то у государства были для этой цели. Есть ощущение: сидели и ждали, пока именно потенциально самые перспективные отрасли машиностроения окончательно погибнут.

Так, с автомобильной промышленностью уже ясно. А другие отрасли, например, бытовая электроника? Ведь в мировой экономике именно она является одной из ведущих отраслей промышленности, у которой потенциал далеко не исчерпан. Мне известно, в России с этой отраслью тоже ничего не делается. Хотя в статистике значатся производства того или другого товара бытовой электроники, но это же элементарная сборка. Для создания элементной базы, для развития способности самостоятельной разработки новых товаров в России нет никакого прогресса. Даже попыток нет.

Спрашивается, какие отрасли стоят в списке правительства в ожидании объявления естественной смерти?

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Козловский В.Н., Строганов В.И., Айдаров Д.В., Гафаров Р.Р. — Цифровая среда поддержки аналитики и управления конкурентоспособностью в автомобилестроении 1

АСМ - факты 6

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Белюсов Б.Н., Келлер А.В., Бахмутов С.В., Харитончик С.В., Бердников А.А. — Основы принципов построения системы управления трёхзвенным автопоездом 8

Федотов А.И., Громалова В.О. — Математическая модель для исследования тормозного пути автомобиля с АБС на зимних дорогах 15

Пожидаев С.П., Лавриненко А.Т. — Экспериментальная проверка некоторых положений новой теории движения автомобиля 22

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Павлишин С.Г., Брюзгин Ф.А., Стовец М.В. — Адаптация фирменной системы технического обслуживания зарубежного производителя к условиям эксплуатации ДФО 24

Дьяков И.Ф. — Оценка эксплуатационной технологичности транспортного средства 27

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Свещинский В.О. — Влияние поверхностных дефектов на ресурс топливпроводов высокого давления 32

Дубовик Е.А. — Восстановление ведущего вала раздаточной коробки 34

ИНФОРМАЦИЯ

Из истории отечественного автомобилестроения

Кэн Амамура — Перспективы российского автомобилестроения при современной политике минпромэнерго 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Балабин И.В. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Бахмутов С.В. — д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"
- Гируцкий О.И. — д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ
- Гладков В.И. — канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"
- Ковригин А.С. — зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"
- Комаров В.В. — канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе
- Коровкин И.А. — канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"
- Котиев Г.О. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Круглов С.М. — зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"
- Ксенович Т.И. — канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"
- Мамити Г.И. — д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)
- Марков В.А. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
- Сорокин Н.Т. — д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России
- Тер-Мкртчян Г.Г. — д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"
- Титков А.И. — канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"
- Топалиди В.А. — канд. техн. наук, ТАДИ
- Филимонов В.Н. — ответственный секретарь "АП"

Белорусский редакционный совет:

- Альгин В.Б. — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси
- Егоров А.Н. — генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"
- Захарик А.М. — канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"
- Кухаренок Г.М. — д-р техн. наук, профессор БНТУ
- Маринов П.Л. — д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси
- Николаев Ю.И. — главный конструктор ОАО "МЗКТ"
- Сазонов И.С. — д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)
- Харитончик С.В. — д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор Шацкая Т.А.

Корректор Сажина Л.И.

Сдано в набор 09.01.2020. Подписано в печать 05.03.2020.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.

Отпечатано в ООО "Канцлер".

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2

Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)

E-mail: avtoprom-atd@mail.ru

www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная.

Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных "Chemical Abstracts".

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.